



HAL
open science

Quelle autonomie pour la recherche? Analyse épistémologique des conditions de la gouvernance des sciences.

Baptiste Bedessem

► **To cite this version:**

Baptiste Bedessem. Quelle autonomie pour la recherche? Analyse épistémologique des conditions de la gouvernance des sciences.. Philosophie. Université Grenoble Alpes; Université du Québec à Montréal, 2018. Français. NNT: 2018GREAP003 . tel-03191935

HAL Id: tel-03191935

<https://theses.hal.science/tel-03191935>

Submitted on 7 Apr 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THÈSE

Pour obtenir le grade de

**DOCTEUR DE LA COMMUNAUTE UNIVERSITE
GRENOBLE ALPES**

**préparée dans le cadre d'une cotutelle entre la
Communauté Université Grenoble Alpes et
l'Université du Québec à Montréal**

Spécialité : **Philosophie**

Arrêté ministériel : le 6 janvier 2005 – 25 mai 2016

Présentée par

Baptiste Bedessem

Thèse dirigée par **Stéphanie Ruphy** et **Vincent Guillin**
préparée au sein du laboratoire PPL (Université Grenoble Alpes)
et du CIRST (UQAM)
et au sein de l'École Doctorale **Histoire, Représentation,
Création**

Quelle autonomie pour la recherche ? Analyse épistémologique des conditions de la gouvernance des sciences

Thèse soutenue publiquement le **13 décembre 2018**
devant le jury composé de :

Mme Anouk BARBEROUSSE

Professeur des universités, Sorbonne Université, Rapporteur , Président

M. François CLAVEAU

Professeur adjoint, Université de Sherbrooke, Rapporteur

M. Marc BILLAUD

Directeur de recherche CNRS, Centre de recherche en cancérologie de
Lyon, Examineur

M. Frédéric BOUCHARD

Professeur agrégé, Université de Montréal, Examineur

M. Martin CARRIER

Professeur des universités, Universität Bielefeld , Examineur

M. Christophe MALATERRE

Professeur agrégé, Université du Québec à Montréal, Examineur

M. Vincent GUILLIN

Professeur agrégé, Université du Québec à Montréal, Directeur de thèse

Mme Stéphanie RUPHY

Professeur des universités, Université Lyon 3, Directrice de thèse



REMERCIEMENTS

Les listes de remerciements ont ceci de gênant que le temps restreint qu'on alloue à leur écriture paye souvent bien mal toute l'étendue des dettes qu'on y expose. Ces quelques lignes n'échappent pas à la règle : la précipitation avec laquelle je les rédige reflète peu tout ce que je dois à celles et ceux qui m'ont accompagné ces trois années durant.

Je pense en premier lieu à ma directrice de thèse, Stéphanie Ruphy, et à mon directeur, Vincent Guillin. Leur complémentarité intellectuelle s'est révélée précieuse pour orienter mon travail, et je n'aurais pu rêver meilleur tandem pour m'aider à le mener à bien. Pour leur investissement sans faille tant sur le fond que sur la forme de cette thèse, je les remercie infiniment. Leur double relecture de l'ensemble du manuscrit témoigne d'un courage et d'un sens du devoir qui méritent un hommage appuyé. Pour leur soutien pécuniaire également, je leur exprime toute ma gratitude : Stéphanie, pour avoir financé les conférences auxquelles j'ai eu la chance de participer ; Vincent, pour m'avoir guidé dans le labyrinthe des bourses étudiantes québécoises. Puisque me voilà engagé dans des considérations basement matérialistes, j'adresse également mes remerciements à l'agence nationale de la recherche, et aux fonds de recherche du Québec – Société et culture pour leur soutien substantiel.

Dans un tout autre registre, je tiens à remercier chaleureusement Anouk Barberousse et François Claveau pour avoir accepté d'être rapporteurs de cette thèse, ainsi que Christophe Malaterre, Frédéric Bouchard, Marc Billaud, et Martin Carrier pour avoir bien voulu en être les examinateurs.

Je remercie très sincèrement les employés des départements de philosophie de l'UQAM, du laboratoire Philosophie, Pratiques et Langages de l'UGA, et de l'Institut de Recherches Philosophiques de Lyon. Un grand merci, en particulier, à Valérie Perret, dont la gentillesse et la disponibilité m'ont permis de traverser ces trois années sans heurt administratif majeur. Je remercie également Christophe Malaterre pour m'avoir inclus dans sa Chaire de recherche, et pour m'avoir fait bénéficier ainsi d'un environnement de travail plus qu'enviable à l'UQAM.

Ma thèse a été placée sous le sceau du nomadisme : trois années et trois lieux, de nombreux vieux amis quittés puis retrouvés, et bien des nouvelles têtes peuplant mon horizon. Pour mes années parisiennes, je remercie la bande de Jussieu et leur souhaite de parvenir un jour à décoller des bars

de la rue Linné. Erwan, Pauline, Julien, Marianne, Lorella et les autres, croyez-moi, Paris continue sur la rive droite. Je remercie également Benoit, Landry et surtout Loup d'avoir bien voulu faire honneur à nos années lycée en recréant un festif noyau corrézien sous le ciel de Paris. Pour mes quelques mois passés rue Marx Dormoy, je remercie Adrien et Lucie, voisins de qualité. Merci à Adrien (l'autre) et aux Kacecodes de m'avoir quelque fois poussé de l'autre côté de la Seine. À Éléa, merci et bravo d'être restée une amie fidèle et rafraîchissante malgré tes semaines de dur labeur. Et une pensée émue pour Anaïs, ma colocatrice imprévue ; je dois bien avouer un léger pincement au cœur à l'idée d'être bientôt débarrassé d'elle.

Pour mon année québécoise, je remercie chaudement Emmanuel, compagnon des longues soirées d'hiver où la neige et le verglas rendaient toute sortie inadaptée à ma frilosité. Pour m'avoir accepté dans leur quotidien malgré tous mes défauts de français exilé au Canada, et en souvenir de cette soirée new-yorkaise où le monde a basculé, je remercie Ève pour sa distinction toute helvétique, Sara pour ses activités plastiques impromptues, Timothé pour son amour de la griffon rousse en pichet et du bourbon dix ans d'âge. J'adresse également mes plus amicales pensées à Éric, à Véronique et à Marc-Antoine pour m'avoir démontré qu'il existait aussi des étudiants sains d'esprit à l'UQAM. Merci aussi à mes compatriotes du Plateau-Mont Royal et d'ailleurs : merci à Lucie et Maxime qui aiment tant recevoir et qui m'ont si bien reçu, merci à Camille qui a si gentiment supporté mon incurie au toc et autres incompréhensibles jeux de cartes. Merci à Séb pour sa belle énergie, à Mika pour ses croissants, et à Doudou pour son sourire. Et un grand merci à Lucette pour avoir été là et pour continuer à l'être, tout simplement.

Du côté de Grenoble, je remercie Renaud, Ismaël et Haris pour nos discussions skype et pour notre sympathique symposium nantais. Merci à Haris également pour ses corrections attentives de mon anglais défaillant. J'adresse bien sûr une pensée émue aux anciens : merci à Gildas, Mag, Gwen, Gabie, Sammy, Albane, Rachel, Christophe, Antoine, Florent, Amine, Pauline, Solène et Anahid pour nos innombrables soirées grenobloises passées et à venir, et nos inoubliables parties de campagne. Toute ma gratitude à Sammy et Albane pour m'avoir offert une parenthèse ensoleillée dans mon hiver québécois.

Et puis, entre les larmes du départ et les embrassades de bienvenue, il y a ceux qui sont toujours là. Ma formidable famille d'abord, qui m'a appris pour le meilleur et pour le pire à fuir sans cesse la solitude et à rechercher toujours la compagnie d'âmes joyeuses et bienveillantes. Merci à mes parents, merci à mes bien-aimées petites sœurs sur lesquelles je veille comme sur un trésor, merci à mon frère dont la complicité et l'affection me sont si chères. Merci à Sébastien, Thomas, Maria,

Patricia, Jean-Marie, Marion et Rose d'avoir rejoint ma tribu ou de m'avoir accepté dans la leur. Et merci au petit dernier, mon petit Louis, d'avoir embelli cette dernière année de ses gazouillis et de son rire cristallin.

Et puis, parce que c'est lui et parce que c'est moi, merci à Simon, l'irremplaçable ami que tout homme rêve d'avoir.

À Cécile, enfin, toi qui te tiens depuis tant d'années au centre de tout cet édifice, et bien que ces quelques mots me semblent être une manière bien trop formelle de te témoigner ma reconnaissance : merci de m'accompagner, de me supporter, de me guider, de m'éclairer, et de me rendre meilleur, ici et ailleurs.

AVANT-PROPOS

Ce travail de thèse reprend certains éléments d'articles publiés ou à paraître dans des revues internationales à comité de lecture : Bedessem, 2015 ; Bedessem, 2017 ; Bedessem, 2018b ; Bedessem et Ruphy, 2018, ajouté en annexe (« Scientific Autonomy and the Unpredictability of Scientific Inquiry: the Unexpected Might not be Where you Would Expect »), Bedessem, 2018a, ajouté en annexe (« The Division of Cognitive Labor: Two Missing Dimensions of the Debate »). Nous signalons, au fil du texte, les chapitres ou sections qui leur correspondent.

La problématique qui est la nôtre reprend en partie celle portant le projet ANR-14-CE31-0003 « DEMOCRASCI: epistemological foundations and principles for the democratization of the governance of science » (octobre 2014-octobre 2017) coordonné par Séphanie Ruphy.

Toutes les traductions d'extraits issus de textes publiés en anglais sont les nôtres.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	vi
LISTE DES FIGURES	xiv
RÉSUMÉ	xv
ABSTRACT	xvii
INTRODUCTION	1
PARTIE 1	
L'AUTONOMIE DE LA SCIENCE EN DÉBAT	17
CHAPITRE I	
DEUX THÈSES AUTONOMISTES	19
I.1 Comment étudier les discours sur l'autonomie scientifique ?	19
I.2 Une proposition de typologie	22
I.2.1 Autonomie individuelle et créativité	23
I.2.2 Auto-gouvernance du champ scientifique	32
I.2.3 La science néo-libérale	59
I.3 Bilan	64
I.4 Deux thèses pro-autonomie	65
I.4.1 La thèse libérale	65
I.4.2 La thèse anti-utilitariste	68
I.4.3 Enjeux épistémologiques	69
I.4.4 Indépendance des deux thèses	70
I.5 Conclusion	71
CHAPITRE II	
UNE PROPOSITION DE CLARIFICATION	72
II.1 Introduction	72
II.2 La science en contexte d'application	73
II.2.1 L'inscription dans le social	79

II.2.2	La science en Mode 2	83
II.3	Le mythe du « mythe de la science pure »	96
II.4	Les apories du principe de libre enquête	110
II.4.1	La critique de l'évaluation par les pairs	110
II.4.2	Liberté de recherche et (néo)libéralisme	113
II.4.3	L'opposition entre liberté et objectifs	120
II.4.4	La notion de diversité épistémique	124
II.5	La dimension ontologique de la question de l'autonomie scientifique	125
II.6	Conclusion	131
PARTIE 2		
« EXPLORER L'INCONNU » ? UNE PERSPECTIVE PRAGMATISTE SUR LE		
CONSERVATISME EN SCIENCE		
		133
CHAPITRE III		
DE LA QUESTION DE LA DIVISION DU TRAVAIL COGNITIF À LA CONCEPTION		
PRAGMATISTE DE LA RECHERCHE		
		137
III.1	La division du travail cognitif et « l'état de nature scientifique »	137
III.1.1	La division du travail cognitif : état de l'art	138
III.1.2	La question du « conservatisme »	145
III.1.3	Division du travail cognitif et dynamique de la science	149
III.2	La théorie deweyenne de l'enquête : quelques éléments	152
III.2.1	Présentation générale	154
III.2.2	La curiosité dans la théorie deweyenne de l'enquête	161
III.2.3	Avery et le phénomène de transformation bactérienne	164
III.2.4	Quelles différences avec les modèles classiques du développement scienti- fique ?	172
III.3	Conclusion	180
CHAPITRE IV		
PRATIQUES SCIENTIFIQUES ET SITUATIONS		
		184
IV.1	Introduction	184
IV.2	Qu'est-ce qu'une « pratique scientifique » ? Les apports du <i>practical turn</i>	185
IV.2.1	La « métaphysique informée par la pratique » : brève présentation	186
IV.2.2	Bilan et critiques	193
IV.2.3	Une lecture pragmatiste de la « métaphysique informée par la pratique »	196
IV.3	Réseaux de pratiques et authenticité	199

IV.3.1	État de l'art : les apports du <i>practical turn</i>	200
IV.3.2	Quel moteur pour l'enquête ? Un retour à Dewey	205
IV.3.3	La notion de fécondité épistémique : approche pragmatiste	208
IV.4	Situation et conservatisme pratique	209
IV.4.1	La situation comme système de pratiques	209
IV.4.2	Les trois niveaux de la pratique scientifique	211
IV.4.3	Le conservatisme comme résultat de la fermeture des pratiques	214
CHAPITRE V		
L'IMPRÉVISIBILITÉ DE LA SCIENCE : UN ARGUMENT POUR LA LIBERTÉ		
DE RECHERCHE ?		
		217
V.1	L'argument d'imprévisibilité : formulations	217
V.2	Imprévisibilité de quoi ?	221
V.3	Imprévisibilité au sens fort : genèse et gestion de l'inattendu	225
V.4	La question de la gestion de l'inattendu : une formulation classique de la thèse I	227
V.5	Autonomie scientifique et genèse de l'inattendu	228
V.6	La découverte des ARNi comme étude de cas	228
V.6.1	Bases biologiques	229
V.6.2	Contexte de la découverte	230
V.7	Trois critères influant sur l'émergence de l'inattendu	237
V.7.1	Stabilisation des pratiques expérimentales	237
V.7.2	Plasticité de l'arrière-plan épistémique	238
V.7.3	Diversité des voies de recherche	239
V.8	Problèmes exogènes et occurrence de l'inattendu	240
V.8.1	Relations causales contextuelles	240
V.8.2	Expériences réelles <i>vs.</i> expériences de laboratoire	244
V.9	Bilan : une réponse à l'argument d'imprévisibilité	245
PARTIE 3		
PROBLÈMES ENDOGÈNES ET EXOGÈNES DANS LA DYNAMIQUE		
DE LA RECHERCHE		
		248
CHAPITRE VI		
SCIENCE FONDAMENTALE ET APPLIQUÉE : RETOUR SUR UNE DICHOTOMIE		
		251
VI.1	Introduction	251
VI.2	Qu'est-ce que la science fondamentale ?	253

VI.2.1	Les données de la sémantique historique	253
VI.2.2	Une lecture pragmatiste	257
VI.3	La science fondamentale comme lieu d'identification des problèmes <i>endogènes</i> . . .	270
CHAPITRE VII		
PROBLÈMES ENDOGÈNES ET EXOGÈNES DANS LES DÉVELOPPEMENTS		
HISTORIQUES DE LA BIOLOGIE MOLÉCULAIRE		
275		
VII.1	Introduction	275
VII.1.1	Génétique, biochimie et biologie moléculaire comme études de cas	277
VII.1.2	Aux racines de la biologie moléculaire : génétique mendélienne et biochimie, entre intérêts pratiques et cognitifs	278
VII.1.3	La fondation Rockefeller et le virage « réductionniste » en biologie	296
VII.1.4	Maturation et expansion de la biologie moléculaire	302
VII.2	Problèmes exogènes, endogènes et dynamique de la science : retour sur la <i>finaliza-</i> <i>tion thesis</i>	314
VII.3	Conclusion : problèmes exogènes et production des connaissances	320
CHAPITRE VIII		
COMPLEXITÉ ET INTERACTIONS ENTRE PROBLÈMES ENDOGÈNES ET		
EXOGENES : DEUX ÉTUDES DE CAS		
323		
VIII.1	Introduction	323
VIII.2	Biologie et biomédecine	328
VIII.3	Lutte contre le cancer et savoirs biologiques	331
VIII.3.1	De la chirurgie aux rayons X	331
VIII.3.2	Conclusion intermédiaire	336
VIII.3.3	Vers une « médecine scientifique » : la naissance de la radiobiologie . . .	340
VIII.3.4	Des débuts de la chimiothérapie à la théorie génétique du cancer	341
VIII.3.5	Thérapie ciblée et réseaux de régulation	346
VIII.4	Psychiatrie et neurobiologie	349
VIII.5	Bilan : complexité et interactions entre problèmes endogènes et exogènes	357
CHAPITRE IX		
L'ANTI-RÉDUCTIONNISME SPÉCULATIF. CRITIQUE ÉPISTÉMOLOGIQUE ET		
IMPLICATIONS POUR LES POLITIQUES SCIENTIFIQUES		
365		
IX.1	Introduction	365
IX.2	Le pluralisme radical de Longino	366
IX.3	Le « pluralisme intégratif » de S. Mitchell : formulation et enjeux pour les politiques scientifiques	373

IX.4	L'anti-réductionnisme spéculatif : caractérisation épistémologique	381
IX.4.1	L'anti-réductionnisme métaphysique	381
IX.4.2	Le débat sur le réductionnisme chez Longino et Mitchell	383
IX.4.3	La notion d'anti-réductionnisme spéculatif	389
IX.5	La pratique du réductionnisme en psychiatrie	392
IX.5.1	L'approche mécaniste	392
IX.5.2	Le cas du RDoC	396
IX.5.3	Le débat Bickle <i>vs.</i> Kendler	400
IX.5.4	Conclusion : faut-il avoir peur du réductionnisme en psychiatrie ?	403
IX.6	Le cas des controverses autour des théories du cancer	408
IX.6.1	De la <i>Somatic Mutation Theory</i> (SMT) à la <i>Tissue Organization Field Theory</i> (TOFT)	408
IX.6.2	TOFT comme théorie explicative non réductible ?	412
IX.7	Du pluralisme pragmatique au pluralisme pragmatiste : quelle gestion pratique du pluralisme ?	419
IX.7.1	Bilan de nos études de cas	419
IX.7.2	Retour sur les pluralismes de Longino et Mitchell	421
IX.7.3	Quelle gestion de la pluralité ?	425
PARTIE 4		
VERS UN MODÈLE ALTERNATIF DU PILOTAGE DE LA RECHERCHE		430
CHAPITRE X		
PILOTAGE ET MODES DE DISTRIBUTION DES RESSOURCES		436
X.1	Trois dimensions du pilotage	436
X.2	Formes actuelles du pilotage : quelques tendances majeures	437
X.2.1	Le pilotage comme orientation	440
X.2.2	Le pilotage comme centralisation	452
X.2.3	Le pilotage comme externalisation	456
X.2.4	Conclusion intermédiaire	471
X.3	Une solution de compromis : l'équilibre « horizontal » entre autonomie et pilotage	473
X.3.1	Équilibre horizontal : définition et manifestations institutionnelles	475
X.3.2	Équilibre horizontal et solutions de financement alternatives : financer la recherche par loterie	477
X.4	Conclusion	482
CHAPITRE XI		

TROIS CONDITIONS THÉORIQUES DU PILOTAGE DE LA RECHERCHE	484
XI.1 Introduction : fécondité et productivité épistémique	484
XI.2 Évolution des systèmes de pratiques et fécondité épistémique	488
XI.2.1 Authenticité ou signification ? Retour critique sur le modèle de « science bien ordonnée » de Kitcher	489
XI.2.2 L'expérience des indéterminations comme moteur de l'évolution des pra- tiques	492
XI.2.3 Problèmes exogènes et fécondité épistémique	494
XI.3 Condition 1 : un équilibre vertical entre liberté et pilotage	496
XI.4 Condition 2 : reconnaissance de la diversité et de l'interconnexion des pratiques . .	501
XI.5 Condition 3 : participation des publics au pilotage	502
XI.6 Quelques conséquences immédiates	505
XI.6.1 Politiques de publication	505
XI.6.2 Pour un « ralentissement » de la science ?	509
XI.7 Conclusion	514
CHAPITRE XII	
UN MODÈLE ALTERNATIF POUR LE PILOTAGE DE LA RECHERCHE	516
XII.1 Introduction : quelle mise en commun ?	516
XII.2 Étude de cas : le pilotage du défi « Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique » par l'ANR	521
XII.2.1 Modalités pratiques du pilotage	521
XII.2.2 Quel niveau de pilotage ?	525
XII.2.3 Premières recommandations	530
XII.3 Défaut de pilotage et équilibre horizontal	533
XII.4 Pour un modèle alternatif de pilotage de la recherche : principes généraux	534
XII.4.1 Réponses à quelques interrogations	536
XII.4.2 Retour sur les conditions de pilotage et schéma intermédiaire	546
XII.5 Éléments de mise en œuvre pratique	548
XII.5.1 Un système de plateformes collaboratives	549
XII.5.2 Schéma bilan	554
XII.6 Conclusion	556
ANNEXE A	
THE DIVISION OF COGNITIVE LABOR: TWO MISSING DIMENSIONS OF THE DEBATE	563

ANNEXE B
SCIENTIFIC AUTONOMY AND THE UNPREDICTABILITY OF SCIENTIFIC
INQUIRY: THE UNEXPECTED MIGHT NOT BE WHERE YOU WOULD EXPECT . . . 581
INDEX NOMINUM 597
BIBLIOGRAPHIE 601

LISTE DES FIGURES

XII.1	Schéma alternatif de pilotage (1) : représentation d'ensemble	547
XII.2	Schéma alternatif de pilotage (2) : rôle des plateformes collaboratives	555

RÉSUMÉ

L'autonomie du champ scientifique, comprise comme sa capacité à fixer par lui-même sa composition interne, ses normes et ses objets, résulte d'ajustements et de compromis entre deux forces antagonistes : d'un côté, l'inscription du développement scientifique et technique dans un certain contexte social dont il tire ses ressources et qui tend à le mettre sous la dépendance d'objectifs et d'enjeux qui dépassent la seule communauté des chercheurs ; de l'autre, une défense inlassable de l'autonomie scientifique comme nécessité politique et épistémologique, provenant souvent des chercheurs eux-mêmes. L'émergence d'un besoin de contrôle des avancées de la science, ainsi que la montée en puissance d'une recherche insérée dans une logique de marché, semble conditionner aujourd'hui un relatif mouvement de recul de cette autonomie.

Les modifications contemporaines des modes de gouvernance de la recherche scientifique posent dans ce cadre des questions proprement épistémologiques : quel type et quel degré d'autonomie faut-il accorder au champ scientifique d'une part, et aux chercheurs individuels d'autre part, pour optimiser la production des connaissances ? Comment organiser, institutionnaliser l'effort de recherche de manière à ce que la limitation de l'autonomie qui en résulte soit positive sur le plan épistémologique ? Notre thèse adopte ainsi une perspective philosophique sur des questions souvent réservées aux économistes et autres spécialistes du management de la recherche ; en particulier, celle des schémas d'attribution des ressources aux différentes disciplines, communautés ou individus constitutifs du champ scientifique. Nous procédons en deux temps. Premièrement, nous tentons de lier les contraintes propres du processus de recherche aux conditions souhaitables de sa gouvernance. Nous interrogeons ainsi la portée et les limites des principes d'autonomie du champ scientifique d'une part, et de liberté de recherche d'autre part, comme moteurs de la productivité épistémique des activités de recherche. Deuxièmement, nous suggérons un schéma possible de financement de la recherche qui satisfasse les conditions épistémologiques précédemment mises au jour. Nos analyses dessinent alors le cheminement suivant.

Tout d'abord, nous proposons une recension des argumentaires élaborés pour défendre l'autonomie de la science et la liberté de recherche comme une nécessité épistémologique. Nous reconstruisons sur cette base deux thèses pro-autonomie qui doivent être prises au sérieux, car leurs critiques classiques échouent à les disqualifier de manière convaincante. La thèse « libérale » pose que la liberté individuelle des chercheurs favorise la productivité épistémique, en motivant la créativité, l'anticonformisme, la diversification des problèmes, questions et objets de recherche. La thèse « anti-utilitariste » distingue une science fondamentale d'une science appliquée en fonction des questions ou des objets étudiés et affirme la supériorité épistémique d'une recherche dédiée à des problèmes exclusivement cognitifs.

Nous menons ensuite l'analyse critique de ces deux thèses. Nous abordons en un premier temps la thèse libérale à travers une mise en cause du modèle de la dynamique de la recherche qui la sous-tend. Contre la mise en valeur de la science comme activité exploratoire, nous proposons, justifions et renouvelons la perspective pragmatiste sur l'enquête sur la base d'études de cas et des travaux contemporains liés au *practical turn*. Nous suggérons l'existence d'une forme de conservatisme inhérente au processus de recherche, que nous qualifions de *conservatisme pratique* par contraste avec

le *conservatisme représentationnel* souvent mis en avant comme principe régulateur du changement dans les sciences. Nous en déduisons qu'un principe de laissez-faire n'optimise pas la fécondité épistémologique de l'enquête. Nous critiquons également, sur cette base, les directions prises actuellement par l'épistémologie sociale lorsqu'elle s'attache à décrire la dynamique de division du travail cognitif au sein du champ scientifique.

Nous revenons dans un second temps sur la thèse anti-utilitariste, en critiquant tout d'abord la distinction entre science fondamentale et science appliquée comme introduisant artificiellement une rupture entre les types de pratiques en fonction des objectifs qu'elles s'assignent. Nous proposons de déplacer cette opposition en élaborant une distinction entre des problèmes que nous qualifions d'*endogènes*, émergeant dans le cours des pratiques scientifiques, et des problèmes *exogènes* identifiés à l'extérieur du champ scientifique. Nous tentons alors de préciser les mécanismes des interactions entre ces problèmes endogènes et exogènes. En prenant l'histoire de la biologie moléculaire comme illustration, nous montrons la perméabilité constitutive du processus de recherche aux problèmes exogènes, nous détaillons certains mécanismes de ces interactions dans le cas des objets complexes, et nous montrons en quoi cette perméabilité est épistémologiquement positive. Le cas des développements historiques de la cancérologie et de la psychiatrie nous permettent de préciser ce point. Ils nous amènent également à caractériser un anti-réductionnisme spéculatif qui défend la nécessité de valoriser le pluralisme par un mode de pilotage de la science favorisant activement la diversité disciplinaire. Nous illustrons cette notion d'anti-réductionnisme spéculatif en nous appuyant sur l'analyse des controverses récentes autour des théories explicatives du cancer.

Enfin, dans un dernier temps, nous prolongeons ces analyses épistémologiques sur le plan pratique, en tentant d'en déduire des conditions de financement qui satisfassent les propriétés de la dynamique de la recherche précédemment dégagées. Nous commençons par montrer que les principes guidant les modes actuels de pilotage de la recherche publique ne sont pas conformes aux contraintes épistémologiques que nous proposons de prendre en compte. Contre la sélection trop centralisée des projets sur la base de l'évaluation par les pairs, d'une part, et la différenciation des sources de financement en fonction des objets ou de types de recherche, nous proposons un schéma de financement décentralisé et participatif reflétant la diversité des pratiques et la convergence locale des intérêts.

MOTS-CLÉS : autonomie scientifique ; liberté de recherche ; gouvernance de la recherche ; pragmatisme ; changement scientifique ; philosophie de la biologie.

ABSTRACT

The autonomy of the scientific field, understood as its ability to set itself its internal composition, its norms and its objects, is the result of compromises between two antagonistic forces: on the one hand, the inscription of scientific and technical development in a certain social context that provides it with the resources it needs and that tends to put it under the dependence of objectives foreign to the scientific community; on the other hand, a defense of scientific autonomy as a political and epistemological necessity. The emergence of a need for the control of scientific progress, and the raise of the dependence of research to market economy, seems to result in the relative downturn of this call for autonomy.

In that context, the current modifications in the way scientific research is governed raise epistemological questions: which degree of autonomy should we grant the scientific field, and individual researchers, in order to optimize the knowledge production? How should we organize scientific research so that the limitations of its autonomy have positive epistemological effects? In this thesis, we adopt a properly philosophical perspective on issues often studied by economists and specialists of science policy management, most notably that of the best ways of funding scientific disciplines, communities, or individual researchers. We first try to figure out the links existing between the internal constraints of the research process and the desirable conditions of its governance. It leads us to question the reasons and limitations of scientific autonomy conceived as an engine of the epistemic productivity of research activities. Second, we propose a possible way of funding research that would satisfy the epistemic conditions previously identified. Our analyses then proceed as follow.

First, we carry out an analysis of the arguments elaborated to defend scientific autonomy and freedom of research as an epistemological requirement. We then rebuild on this basis two pro-autonomy theses that should be taken seriously into account, for the criticisms generally leveled against them are not sound. The “liberal thesis” claims that individual freedom promotes epistemic productivity by motivating creativity, anticonformism, and the diversification of the problems, questions and objects under study. The “anti-utilitarian” thesis distinguishes between fundamental and applied science and argues for the epistemological superiority of a research exclusively dedicated to cognitive problems.

We then propose a critical analysis of these two theses. We first deal with the liberal thesis by questioning the model of the dynamics of scientific research on which it is based. Against the promotion of science as an exploratory activity, we propose, justify and renew the pragmatist perspective on inquiry, drawing on case studies and contemporaneous works linked to the practical turn. We suggest that there exists a form of conservatism of the research process that we call *practical conservatism*, in contrast to the *representational conservatism* that is often seen as regulating scientific change. We conclude that a *laissez-faire* principle does not optimize epistemic fecundity. We also criticize, on this basis, the current directions taken by social epistemology when it studies the dynamics of division of cognitive labor within the scientific field.

We then deal with the anti-utilitarian thesis. We first criticize the distinction between fundamental and applied science as introducing a gap among scientific practices according to the goals they pursue. We propose to forgo this opposition in favor of a different one, between *endogenous*

problems (emerging in the course of scientific practices), and *exogenous problems* (identified outside the scientific field). By considering the history of molecular biology, we show the constitutive permeability of the research process to exogenous problems, we give some details about the mechanisms of these interactions in the case of complex objects, and we show how this permeability is positive. The cases of the historical development of cancerology and psychiatry give us the opportunity to clarify this point. They also lead us to define and characterize a speculative anti-reductionism that defends the need to promote pluralism through a mode of piloting actively favoring the diversity of disciplines. We illustrate this notion of speculative anti-reductionism by drawing on the case of the recent controversies about two competitive theories of cancer.

Finally, we give these epistemological analysis a practical turn, by trying to infer from them some conditions that would fit with the properties of the research process we previously identified. We begin by showing that the principles guiding current scheme of governance of public research do not satisfy the epistemic constraints we propose to take into account. Against the excessively centralized selection of projects by way of peer-review processes, on the one hand, and in opposition to the differentiation of the funding sources between objects or types of research on the other hand, we propose a decentralized and participative funding scheme, reflecting the diversity of practices and the local convergence of interests.

KEY-WORDS : autonomy of science; research freedom; governance of research; pragmatism; scientific change; philosophy of biology.

INTRODUCTION

Le génie veut être libre, toute servitude le flétrit, et souvent on le voit porter encore, lorsqu'il est dans toute sa force, l'empreinte des fers qu'on lui avait donnés au moment où son premier germe se développait dans les exercices de l'enfance (Pierre-Marie de Condorcet, *Rapport et projet de décret sur l'organisation générale de l'instruction publique*, Paris : Imprimerie Nationale, 1792, p. 14).

Le progrès scientifique résulte du jeu libre d'esprits libres, travaillant sur des sujets de leur choix, guidés par leur curiosité pour l'exploration de l'inconnu. La liberté de recherche doit être préservée dans tous les plans de financement gouvernemental de la science (Vannevar Bush, *Science, the Endless Frontier*, Washington, D. C: United States Government Printing Office, 1945, p. 13).

À près de deux siècles d'écart, ces quelques lignes se nourrissent d'une même certitude, vieille comme la philosophie elle-même : l'homme possède un appétit naturel pour le savoir, motivée par la disposition qu'à l'esprit à s'étonner du monde qui l'entoure. Cette disposition à l'étonnement, se traduisant par une mise en question permanente des phénomènes et des concepts, doit être cultivée en lui garantissant un espace où elle puisse s'épanouir librement. Imposer des contraintes aux voies que trace la curiosité naturelle, c'est tenter à cette liberté de l'esprit, freiner l'exploration de l'inconnu, et donc nuire à l'acquisition de savoirs nouveaux. En conséquence, dans un contexte moderne, toute organisation institutionnelle de l'effort de recherche devrait protéger son *autonomie* : la connaissance doit pouvoir se déterminer elle-même, pour elle-même.

Or, historiquement, l'autonomie du champ scientifique¹, comprise comme sa capacité à fixer par

¹Nous entendons ici la notion de champ scientifique au sens que lui donne Bourdieu dans sa perspective néo-différentiationniste, comme « espace où les chercheurs s'accordent sur les terrains de désaccord et sur les instruments avec lesquels ils sont en mesure de résoudre ces désaccords, et sur rien d'autre » (Bourdieu, 1992, p. 152). Le champ scientifique se caractérise ainsi de manière minimale par des mécanismes d'« acceptation ou [d']élimination de nouveaux entrants », de « concurrence entre les différents producteurs » déterminant « l'apparition de ces produits sociaux relativement indépendants de leurs conditions sociales de production que sont les vérités scientifiques » (Bourdieu, 1976, p. 88). Poser cette indépendance relative des savoirs scientifiques vis-à-vis du contexte de leur production revient à accepter, ce que nous faisons d'emblée, l'existence d'un certain degré d'autonomie *axiologique* de la science (concernant ses normes, ses méthodes et ses règles), s'exprimant sous la forme d'un ensemble de pratiques et de valeurs *spécifiques* qui ne sont pas solubles dans

lui-même sa composition interne, ses normes et ses objets, est une réalité mouvante et historiquement située. Elle résulte d'ajustements et de compromis entre des forces antagonistes : d'un côté, l'inscription du développement scientifique et technique dans un certain contexte social dont il tire ses ressources et qui tend à le mettre sous la dépendance d'objectifs et d'enjeux qui dépassent la seule communauté des chercheurs ; de l'autre, une défense inlassable de l'autonomie scientifique, provenant souvent de ces mêmes chercheurs (Ruphy, 2017). Cette défense s'appuie sur une croyance, profondément enracinée, en l'autonomie de fait (l'existence de normes et valeurs spécifiques qui assurent le lien privilégié de l'entreprise scientifique à la réalité) et de droit (les conditions institutionnelles doivent favoriser et protéger cette autonomie) des activités scientifiques. Cette manifestation de la « philosophie spontanée des savants », pour reprendre la formule d'Althusser, est souvent justifiée aussi bien sur le plan politique – en insistant sur la valeur, en démocratie, d'une source autonome de savoirs et d'expertise – que sur le plan épistémologique – en soutenant que l'autonomie du champ scientifique dans son ensemble et la liberté de recherche à l'échelle individuelle sont les moteurs de la productivité des activités de recherche. La science *doit* être autonome pour produire des connaissances nombreuses, innovantes et de bonne qualité, qui pourront ensuite être ou non utilisées par la société à laquelle elles sont délivrées. Bien évidemment, il est tentant de voir avant tout dans ces discours les revendications partisans d'une communauté scientifique craignant de voir ses privilèges s'amenuiser au gré des évolutions contemporaines des modes de gouvernance de la recherche. Car l'autonomie est en premier lieu une question politique, touchant à l'organisation collective de notre monde commun ; elle est toujours un mouvement, une lutte pour l'émancipation, pour l'auto-détermination, pour l'auto-gouvernance d'un espace vis-à-vis de ce qui lui est extérieur. Celui qui l'accorde comme celui qui en jouit s'inscrivent dans une relation de pouvoir dont la légitimité est susceptible de se voir discutée ou remise en cause.

L'émergence d'un besoin de contrôle, éventuellement démocratique, des avancées de la science, ainsi que la montée en puissance d'une recherche insérée dans une logique de marché, semblent conditionner aujourd'hui un tel mouvement de recul de l'autonomie scientifique. En outre, la mise en évidence d'une certaine perméabilité de la science aux valeurs non épistémiques portées par la société dans laquelle elle s'insère interroge la pertinence empirique de ce concept. L'autonomie scientifique, sous ses formes les plus radicales, serait alors « un legs d'un autre âge » (Kitcher, 2004,

« le pouvoir de la rhétorique et [dans] l'influence professionnelle » (Bourdieu, 2001, p. 109).

p. 57), qu'il conviendrait au minimum de « reconsidérer » afin de « repenser le contrat social de la science » (Douglas, 2009, p. 8), voire de liquider totalement : comme certains l'affirment de manière quelque peu radicale (Gibbons *et al.*, 1994), le chercheur devrait alors accepter de prendre place dans une agora métissée aux côtés des entrepreneurs, décideurs, citoyens, et accepter de perdre la maîtrise pleine et entière des problèmes qu'il résout.

Il nous semble cependant que les débats autour de l'autonomie scientifique recèlent autre chose qu'un simple conflit d'intérêts et peuvent être pris au sérieux comme un problème épistémologique : quel type et quel degré d'autonomie faut-il accorder au champ scientifique d'une part, et aux chercheurs individuels d'autre part, pour optimiser la production des connaissances ? Ou, pour formuler autrement cette problématique, comment organiser, institutionnaliser l'effort de recherche de manière à ce que la limitation de l'autonomie qui en résulte soit positive sur le plan épistémologique ?

Notons dès à présent que cette notion d'*optimisation* peut être ici comprise de diverses manières, en fonction des objectifs que l'on assigne aux activités scientifiques : doivent-elles servir les intérêts immédiats des populations ? Soutenir la croissance économique en favorisant l'innovation ? Élaborer des connaissances sur le monde naturel et social ? Comme nous aurons l'occasion de le justifier plus en détail, l'enjeu principal de notre problématique concerne le troisième de ces termes ; il pose alors la question de savoir comment assurer une gestion institutionnelle de la recherche qui soit *épistémiquement* adéquate, c'est-à-dire qui joue positivement sur la production des savoirs.

D'un point de vue politique, ces questions épistémologiques ont un intérêt pour penser les conditions de la gouvernance² des sciences, et en particulier les mécanismes de leur financement. La mise en œuvre d'un mode de distribution des ressources qui optimise (en terme de connaissances et/ou d'applications) l'effort de recherche consenti par les pouvoirs publics et les acteurs économiques est un défi majeur pour nos démocraties libérales. Or, il nous semble que l'identification des limites acceptables, voire souhaitables, à imposer à l'autonomie du champ scientifique est une étape nécessaire afin de mettre au jour certaines conditions épistémologiques à prendre en compte pour penser

²Nous avons conscience de la portée potentiellement polémique du terme de « gouvernance », souvent opposé à celui de « gouvernement » comme marqueur d'une ère où la politique authentique aurait cédé la place à la gestion entrepreneuriale de la vie publique (Canet, 2004). Nous ne rentrerons pas ici dans ces considérations, et nous utilisons le terme de gouvernance dans le sens (large) que lui donne Pitseys (2010), comme regroupant l'ensemble des « technique[s] de gestion sociale visant à produire des règles collectives » (p. 208). Dans ce sens, interroger les conditions de la gouvernance des sciences revient à penser les schémas de gestion ou de management des ressources humaines, temporelles et financières allouées à l'effort de recherche.

la gestion collective du progrès scientifique. Notre parti-pris consiste alors à reconnaître que la gouvernance des sciences soulève une série de questions spécifiques ne pouvant être résolues sans une analyse des propriétés intrinsèques du processus de recherche, propriétés qui devraient contraindre les formes de contrôle susceptibles de s'exercer sur lui.

La spécificité de la démarche que nous nous proposons de mener réside donc en l'adoption d'une perspective proprement philosophique sur des questions souvent réservées, à l'heure actuelle, aux économistes et autres spécialistes du management de la recherche. L'importance prise, depuis les années 1990, par une « économie de la science » (Callon et Foray, 1997) s'appliquant à conseiller les politiques scientifiques des États comme des entreprises va en effet de pair avec un intérêt croissant pour l'analyse descriptive de la production des connaissances à petite échelle, s'appuyant notamment sur le développement de nombreux indices scientométriques. Ces derniers ont pour partie vocation, comme le notait en 2010 un avis du comité d'éthique du CNRS portant sur les modalités de financement de la recherche³, à fournir des outils d'évaluation de la rentabilité et de la performance des investissements publics de recherche et développement. Il est ainsi courant de noter que la réflexion sur les conditions de la recherche et de l'innovation se manifeste surtout aujourd'hui en tant que branche particulière des sciences de la gestion ou du management des politiques publiques, elles-mêmes de plus en plus imprégnées des concepts et des stratégies issus du monde de l'entreprise (Vilkas, 2009).

Suivant ce mouvement, il existe aujourd'hui une littérature spécialisée relativement foisonnante, qui tente de caractériser les effets, sur la production des connaissances, des modifications actuelles des politiques de financement de la recherche par les États. Outre le développement d'une logique managériale dans l'évaluation et le suivi de la recherche publique, mettant en valeur la performance et la compétitivité des acteurs (Bruno, 2008), l'importance prise par l'allocation des ressources sur projet et son influence sur la dynamique de la recherche est ainsi au centre de nombreuses études de terrain, en sociologie, en économie et en sciences de la gestion (Hubert *et al.*, 2012 ; Franssen *et al.*, 2018). Ces dernières s'intéressent par exemple au rôle nouveau des agences de financement comme organisations intermédiaires entre l'État et les scientifiques (Guston, 1996 ; Edler *et al.*, 2014) ; aux pratiques académiques de rédaction des demandes de bourses et à l'impact de ce mode

³Avis sur les « Aspects éthiques du financement public de la recherche sur projet », rendu le 28 juin 2010. Disponible sur <http://www.cnrs.fr/comets/IMG/pdf/05-avisincitation-2.pdf> (consulté le 2 septembre 2018).

de financement sur le comportement des chercheurs (Möller *et al.*, 2016 ; Velarde, 2018) ; aux stratégies développées par les scientifiques en réponse à la diversification des types de ressources (Murray, 2010 ; Luukkonen, 2014 ; Krinsky, 2013) ; aux formes prises par l'évaluation de la recherche par les universités et les agences gouvernementales (Coccia, 2009 ; Hicks, 2012 ; Musselin, 2014) ; ou encore à l'impact du financement sur les projets de travail de recherche (Hubert, 2012).

Dans un numéro récent de la revue *Minerva*, paru en mars 2018 (volume 56) et consacré à la question des modifications contemporaines des conditions institutionnelles du pilotage des sciences, le sociologue Jochen Gläser souligne cependant les difficultés inhérentes à ces travaux : malgré leur richesse, ils ne permettraient pas d'établir « des relations causales bien identifiées entre les mécanismes de financement et le contenu et la conduite de la recherche » (Gläser et Velarde, 2018, p. 4). La complexité et la variété des environnements de financement semblent rendre difficile l'établissement de conclusions générales fiables, empiriquement fondées, évaluant l'influence des modes d'allocation des ressources sur l'activité de recherche. La diversité des types de programmes, d'une part, et des contextes disciplinaires, d'autre part, sont ainsi citées comme une forte limite de ces approches descriptives. Autrement dit, pour intéressante qu'elle soit par bien des aspects, l'analyse de l'organisation et de la dynamique de la science avec les outils de l'économie et du management semble échouer à fournir une perspective normative satisfaisante sur la gestion du développement scientifique et technique.

Or, ce problème est d'autant plus pressant que ces dernières années ont vu se multiplier les propositions (plus ou moins approfondies) de réformes des modes de gouvernance de la recherche, en particulier de la recherche publique. Celles-ci portent tout d'abord sur les mécanismes de son financement : doit-on laisser les chercheurs répartir eux-mêmes les fonds (Bollen *et al.*, 2014) ? Doit-on mettre en compétition des projets, ou répartir équitablement les ressources entre les individus (Couée, 2013 ; Vaesen et Katzav, 2017) ? Doit-on faire confiance à l'évaluation par les pairs, ou opter pour une distribution aléatoire du financement (Fang et Casadevall, 2016 ; Avin, 2018) ? Ces réflexions interrogent également la place à allouer à la sphère économique et à ses impératifs de rentabilité et de compétitivité, ainsi que les possibilités du contrôle collectif des activités scientifiques. La notion de recherche et innovation « responsables », largement mise en valeur à l'échelle euro-

péenne au sein du programme Horizon 2020⁴, tente ainsi de penser les contraintes à leur imposer de manière à les rendre conformes à différentes exigences éthiques et politiques (Owen *et al.*, 2012 ; Rip, 2016).

Les divergences d'opinion et d'intérêt qui se révèlent dans ces prises de position rendent nécessaires l'adoption d'un point de vue épistémologiquement informé sur les conditions du financement de la recherche. Comme le notent encore Gläser et Velarde (2018), il manque en effet à la littérature actuelle une analyse des « pratiques de production des connaissances et [de] leurs conditions épistémiques, [qui] jouent un rôle crucial dans la détermination des effets du financement sur les individus et les organisations » (p. 8). Ainsi que le remarque également Vilkas (2009), l'apparition d'experts de la gestion de la recherche « fournissant rapports et ouvrages (...) aux décideurs » (p. 69) ne s'est malheureusement pas accompagnée d'une réflexion d'ordre épistémologique, la philosophie et l'histoire des sciences se tenant souvent « à l'écart des travaux à visée prescriptive » (*Id.*) portant sur les mécanismes de l'allocation des ressources et du pilotage de la recherche.

En effet, une grande partie de l'effort réalisé par les philosophes pour renouveler l'épistémologie en l'ouvrant à l'étude de l'orientation sociale des sciences a consisté à repenser à nouveaux frais des notions clés comme celles d'objectivité ou de neutralité, passant par exemple par une valorisation de la diversité des points de vue, des perspectives, voire des « épistémologies locales » (Longino, 1997). Pour nécessaires qu'ils soient, il est frappant de constater que la plupart de ces travaux restent à un haut niveau de généralité conceptuelle ; on trouve notamment peu de propositions formulées pour être applicables sur le plan politique. Des propositions de schéma de pilotage pour la recherche comme celle de Kitcher (2010) [2001] s'articulent ainsi explicitement comme des *idéaux* n'ayant pas vocation à guider réellement l'établissement d'un système de financement crédible, mais à juger de l'adéquation des situations concrètes à un ensemble de principes éthiques et politiques – dans le cas de Kitcher, la « science bien ordonnée ». Un certain nombre de travaux décrivent la production des connaissances dans un contexte d'interactions entre le champ scientifique, la politique, la sphère économique et les citoyens dans des situations de controverses scientifico-socio-techniques particulières, liées par exemple aux nanotechnologies, au nucléaire, ou aux questions environnementales (Bourg et Whiteside, 2010 ; Mielke *et al.*, 2017). De manière générale, la question des schémas

⁴Programme de recherche et d'innovation finançant, à l'échelle européenne, des projets scientifiques sur la période 2014-2020, pour un budget total de 80 milliards d'euros.

d'attribution des ressources aux différentes disciplines, communautés ou individus constitutifs du champ scientifique reste cependant peu abordée sur le plan épistémologique. C'est précisément à ce manquement que la présente thèse se propose de contribuer à remédier. Il s'agit ainsi, pour nous, de tenter de lier les contraintes propres au processus de recherche aux conditions souhaitables de sa gouvernance. Cela revient en particulier à interroger, *dans une perspective épistémologique*, la portée et les limites des principes d'autonomie du champ scientifique d'une part, et de liberté de recherche d'autre part, comme moteurs de la productivité des activités de recherche.

Quels enjeux pour la philosophie ?

La question de la gouvernance du développement scientifique et technique soulève en effet des questions proprement épistémologiques du fait de l'existence d'une tension entre la défense de ces principes d'autonomie de la recherche scientifique et les différentes formes de pilotage auquel cette dernière est soumise. Qu'entend-on exactement, tout d'abord, par la notion de *pilotage* de la recherche ? En première instance, il nous semble pertinent de considérer trois dimensions distinctes de pilotage, tel qu'il est actuellement pratiqué par les grandes agences de financement étatiques (telles que l'Agence Nationale de la Recherche en France, les Research Councils au Royaume-Uni et les National Institutes of Health ou la National Science Foundation aux États-Unis). Nous proposerons de les nommer, au fil de notre travail, pilotage par *orientation*, par *centralisation* et par *externalisation*. La première de ces dimensions désigne le guidage de la recherche par des objectifs explicites pré-définis. Cette notion d'orientation se rapproche, avec des nuances, de celle couramment utilisée de *finalisation*⁵. La deuxième renvoie au processus de sélection compétitive des projets. La troisième évoque l'existence de pressions extérieures au champ scientifique (défini au sens de Bourdieu, 2001) émanant des sphères économiques, politiques, sociales et qui influent sur les directions qu'il emprunte. Par exemple, les plans d'action élaborés chaque année par l'agence nationale de la recherche (ANR) afin d'encadrer ses appels à projets⁶ constituent un cas de pilotage par orientation. La centralisation est quant à elle à l'œuvre dans toute démarche d'allocation impliquant la sélection

⁵Nous préférons ici le terme d'orientation au terme de finalisation, car ce dernier est fortement connoté comme orientation par des objectifs *externes* (notamment, le souci de l'utilité sociale, politique ou économique). Or, comme nous le verrons, la recherche peut tout à fait être orientée sans s'appuyer sur de tels objectifs externes au champ scientifique.

⁶Ces plans d'action sont consultables sur le site de l'ANR : <http://www.agence-nationale-recherche.fr/financer-votre-projet/plan-d-action-2018/> (consulté le 2 septembre 2018). Nous reviendrons en détail sur leur contenu dans la quatrième partie de ce travail.

d'un nombre limité de projets au sein d'un ensemble de propositions. Enfin, il y a externalisation lorsque la définition des priorités de recherche (et donc, le choix des projets) est influencée par des besoins, demandes, problèmes non formulés directement par les scientifiques pratiquant la recherche. Ces trois dimensions, bien que souvent mêlées dans la pratique, ne sont pas, en théorie, nécessairement associées. Il est ainsi envisageable d'*orienter* la recherche sans pour autant l'*externaliser* – par exemple, si on laisse aux seuls comités d'experts scientifiques le choix des objectifs prioritaires. Il est également possible d'opter pour un pilotage *centralisé* et non *orienté*, en jugeant exclusivement la qualité épistémique estimée des projets (sans références à des objectifs pré-définis), ou en sélectionnant ces projets financés de manière aléatoire (Fang et Casadevall, 2016 ; Avin, 2018).

Selon ce schéma simple, il apparaît que le pilotage tel qu'il est mené actuellement entre en tension avec l'*autonomie* du champ scientifique selon deux dimensions. Premièrement, l'externalisation des décisions, quelles que soient les formes concrètes qu'elle peut prendre, met en cause l'autonomie du champ scientifique dans son ensemble, comme espace animé par les praticiens de la recherche poursuivant des objectifs qu'ils définissent eux-mêmes en mobilisant des valeurs et normes qui leur sont propres. Deuxièmement, l'orientation et la centralisation, telles que nous les avons définies, limitent la liberté des individus (ou des groupes de recherche) dans la détermination des directions qu'ils souhaitent suivre : mis en compétition pour l'obtention d'un soutien financier et éventuellement guidés par des objectifs définis sans eux, les chercheurs singuliers se voient dépossédés d'une partie de leur pouvoir de décision.

En conséquence, les modifications actuelles des modes de gestion de l'effort de recherche (en particulier, très concrètement, de la manière dont la science est financée) rendent particulièrement nécessaire une réflexion proprement épistémologique analysant la nature des liens entre les différentes formes d'autonomie du champ scientifique et la dynamique de production des savoirs.

La question de l'autonomie axiologique de la science se pose tout d'abord comme discussion sur l'existence de normes et de valeurs qui lui sont propres et qui assurent la légitimité épistémique de ses jugements. C'est cependant une autre dimension du problème, celle touchant à la manière dont sont posées les questions de recherche à résoudre, qui nous intéresse ici : quelle liberté faut-il accorder au champ scientifique dans son ensemble, et aux individus en particulier, dans la détermination des objectifs qu'ils se fixent ?

Notons dès à présent que la réponse à apporter à cette question devra prendre en compte les

différents niveaux de contrôle possibles de l'activité de recherche. À l'échelle des disciplines dans leur ensemble, ou des projets de grande envergure, il est évident que l'allocation des ressources implique une multiplicité de déterminations cognitives, économiques, sociales, internes *et* externes au champ scientifique, et donc une limitation de fait de son autonomie. Le fait que soit favorisé un voyage sur Mars plutôt que la construction d'un accélérateur de particules, ou que soient financées les neurosciences plutôt que la biologie cellulaire, n'est pas du seul ressort des scientifiques engagés dans la recherche, et ce d'abord pour des raisons pratiques : la chasse au boson de Higgs ou le décodage du code génétique, pour ne citer que deux exemples marquants, sont dépendants d'une concentration contextuelle des ressources qui excède les considérations strictement cognitives. Si ce point se comprend bien à un temps t , il est d'autant plus vrai si l'on considère l'histoire des grands projets de recherche : c'est dans cet esprit qu'A. Pickering a pu montrer, par exemple, que l'intérêt pour la physique des particules dans la seconde moitié du XX^e siècle était originellement très lié au complexe militaro-industriel caractéristique de l'Amérique d'après-guerre (Pickering, 1989). De manière générale, dans le contexte de la *Big Science* (De Solla Price, 1963), personne ne songerait (ou ne devrait songer) sérieusement à prétendre que le champ scientifique peut être seul habilité, sur la base de critères purement épistémiques, à répartir les ressources entre les grandes disciplines ou spécialités qui le structurent. La démonstration de la nécessité d'une limitation de l'autonomie au travers d'un certain degré de centralisation et d'externalisation ne pose donc, à cette échelle, aucun problème particulier, et n'a donc, finalement, qu'un intérêt limité⁷. En ce sens, les arguments tels que celui proposé par Willholt (2006b) pour critiquer l'idéal d'autonomie en mobilisant des études de cas précises – l'exemple des recherches spatiales – ne sont pas suffisants. Certes, il est possible de trouver des cas de science fructueuse quoique fortement pilotée de manière externe ; cela ne nous indique pas pour autant quelle limitation de l'autonomie, quelles formes et quels degrés de pilotage sont épistémiquement acceptables, voire souhaitables.

Ainsi posé dans toute sa généralité, le problème de l'autonomie est en réalité, et de l'avis même de Willholt, particulièrement épineux :

⁷Ce qui ne veut pas dire, évidemment, que la question des *mécanismes* institutionnels de ce pilotage à grande échelle de la science soit elle-même triviale. Une fois acceptée la présence nécessaire d'un pouvoir de décision externe au seul champ scientifique, la question de *qui* doit décider pose un problème proprement éthique et politique. On peut se demander, par exemple, s'il est possible, pratiquement, d'impliquer les populations dans ce processus de décision, afin d'adopter un niveau minimal de démocratisation de la gouvernance des sciences (Kitcher, 2010 [2001]).

L'insistance traditionnelle sur l'autonomie scientifique sert différents objectifs. Pour certains, l'autonomie laissée au chercheur individuel dans la définition des directions de son travail (...) est une condition pour générer des résultats créatifs (...). Même une très légère centralisation de la prise de décision quant à la division du travail cognitif tend alors à être dénoncée comme risquant de diminuer l'efficacité de l'utilisation des savoirs locaux dispersés dans la communauté. Peut-être cette perte serait-elle compensée par un gain dans la signification du savoir produit. Cependant, cela est loin d'être évident à déterminer. Ainsi, les conséquences possibles d'une diminution de l'autonomie scientifique au niveau de la division du travail cognitif sont mal connues (Wilholt, 2014, p. 168).

Or, avoir une idée des liens entre la (nécessaire) limitation de l'autonomie scientifique et la productivité épistémique de la science est une étape capitale pour penser les schémas de financement de l'effort de recherche. La contribution propre de la philosophie à la question des formes que devrait prendre le pilotage des sciences passe donc par une analyse des fondements épistémologiques des principes d'autonomie et de liberté de recherche. Cette analyse constitue le premier moment de la thèse (parties I à III). Le second moment (partie IV) sort du cadre strictement philosophique pour construire un schéma possible de financement de la recherche qui satisfasse les conditions épistémologiques précédemment mises au jour.

Autonomie scientifique et production des connaissances

Dans son versant épistémologique, notre travail de thèse s'attache en premier lieu à prendre au sérieux les revendications d'autonomie émanant des chercheurs eux-mêmes (partie I). Sans être dupe des intérêts stratégiques se dissimulant derrière la défense de l'autonomie scientifique et du principe de libre enquête, notre parti-pris est d'appliquer à ces discours un principe de charité permettant d'en dégager la structure intellectuelle sous-jacente. Après avoir proposé une recension des principales positions pro-autonomie, nous reconstruisons deux thèses centrales que nous aurons à considérer (chapitre I). La première (que nous qualifions de thèse « libérale ») soutient que la liberté individuelle favorise la productivité épistémique, en motivant la créativité, l'anti-conformisme, la diversité des pistes suivies et finalement, « l'exploration de l'inconnu ». La seconde (thèse « anti-utilitariste ») distingue fermement une science *fondamentale* d'une science *appliquée* sur la base de la nature des questions ou des objets étudiés et affirme la supériorité épistémique d'une recherche dédiée à des problèmes exclusivement cognitifs. Dans le chapitre II, nous présentons quelques réponses immédiates à ces deux thèses, en nous appuyant sur des travaux classiques en histoire, sociologie et philosophie des sciences qui mettent en évidence une certaine perméabilité de l'entreprise scienti-

fique au contexte : valeurs, contrainte de l'utile, pressions économiques ou politiques. Nous montrons cependant que ces réponses ne sont pas entièrement satisfaisantes et ne permettent pas, *a fortiori*, de résoudre véritablement la question du lien entre autonomie, liberté de recherche et dynamique de production des savoirs. En conséquence, elles ne nous aident pas non plus à penser les conditions du financement de la recherche. Les deux thèses pro-autonomie nécessitent donc une critique renouvelée.

La deuxième partie de notre travail se penche tout d'abord sur la thèse libérale, qu'elle aborde à travers une mise en cause du modèle de la dynamique de la recherche qui sous-tend cette position. La question que nous posons est la suivante : comment seraient posés et collectivement sélectionnés les problèmes jugés intéressants à résoudre dans un champ scientifique idéalement libre ? Contre la conception particulière de l'activité de recherche sous-entend la thèse libérale, nous proposons et justifions sur la base d'études de cas et des travaux contemporains liés au *practical turn* une perspective pragmatiste sur l'enquête, inspirée de la logique de John Dewey (chapitre III et IV). La philosophie pragmatiste est encore relativement peu exploitée comme outil de description du processus de recherche lui-même ; nos analyses sont donc l'occasion de montrer son intérêt tant pour la philosophie générale des sciences que pour le problème de leur gestion institutionnelle. Nous suggérons ainsi que la liberté individuelle ne favorise pas la formulation de problèmes de recherche radicalement nouveaux : il existe en effet une forme d'inertie inhérente à la logique de l'enquête contraignant fortement le type de questions susceptibles d'être formulées et jugées intéressantes. Nous montrons que cette inertie induit un conservatisme que nous qualifions de pratique, et qui se distingue d'un conservatisme que nous qualifions de représentationnel et dont nous mettons en évidence la centralité dans les modèles classiques du développement scientifique, comme ceux de Kuhn ou Lakatos. Nous en concluons qu'un principe de *laissez-faire*, correspondant par exemple à un mode de pilotage favorisant les financements récurrents alloués aux individus, n'optimise pas la fécondité épistémique de l'enquête, définie comme capacité à poser des problèmes *authentiques* (au sens de Dewey). Cette analyse fournit des outils pour préciser la portée et les limites de ce que nous nommons l'argument d'imprévisibilité, couramment utilisé en faveur de la thèse libérale (chapitre V).

Comment intégrer alors, dans ce schéma pragmatiste, les questions ou les problèmes identifiés à l'extérieur du champ scientifique, défini comme le lieu de l'enquête ? La troisième partie revient sur la thèse anti-utilitariste et cherche à préciser les mécanismes des interactions entre problèmes que nous qualifions d'endogènes, émergeant dans le cours des pratiques scientifiques et ces problèmes

exogènes. Après avoir précisé la nature de cette distinction endogène/exogène et montré comment elle pouvait être substituée avec profit à l’opposition fondamental/appliqué (chapitre VI), nous développons une série d’études de cas issus de l’histoire de la biologie moléculaire (chapitre VII). Nous montrons comment les progrès de la biochimie et de la génétique à partir du début du XX^e siècle permettent de mettre en évidence des interactions constitutives entre problèmes exogènes et endogènes à différents niveaux de la pratique scientifique. Nous revenons alors sur certains schémas décrivant l’orientation externe des progrès de la science, notamment celui proposé à la fin des années 70 sous le nom de *finalization thesis* (Böhme *et al.*, 1976 ; Böhme *et al.*, 1983). En constatant l’existence d’un écart entre nos études de cas et ces modèles antérieurs, nous suggérons que la *complexité* des phénomènes biologiques peut en partie expliquer les formes particulières prises par les interactions entre problèmes endogènes et exogènes dans les développements de cette discipline. Les exemples de l’histoire de la cancérologie et de la psychiatrie nous permettent de préciser ce point (chapitre VIII). Ces études de cas nous conduisent enfin à caractériser et à critiquer ce que nous nommons un anti-réductionnisme *spéculatif*, au sens deweyien de déconnexion vis-à-vis des systèmes de pratiques existants, tel qu’il se manifeste notamment dans les propositions de Sandra Mitchell et Helen Longino, qui défendent la nécessité de valoriser la pluralité par un mode de pilotage de la science favorisant activement la diversité disciplinaire (chapitre IX). Malgré l’attachement au pragmatisme que ces auteures revendiquent, nous montrons alors que ce type de position pluraliste procède à une inversion des priorités fort peu pragmatiste entre épistémologie et métaphysique.

En résumé, le premier moment de ce travail de thèse nous permet de proposer et de défendre les positions épistémologiques suivantes. Premièrement, contre une certaine tendance contemporaine à accoler à la notion de *recherche* une multiplicité de substantifs censés capturer la diversité des pratiques scientifiques (de la « recherche et développements » à la « recherche et innovation »), nous défendons l’unité profonde du processus de recherche, par-delà la diversité de ses objets. Cette dynamique de la recherche, nous en proposons une lecture qui mobilise et renouvelle la perspective pragmatiste et les travaux associés au *practical turn* en histoire et philosophie des sciences.

Deuxièmement, nous montrons que cette logique de la recherche est caractérisée par ce que nous nommons un conservatisme pratique, par contraste avec un conservatisme que nous qualifions de représentationnel et dont nous attribuons la description à certains modèles classiques du changement scientifique, comme celui de Kuhn.

Troisièmement, contre la distinction entre science fondamentale et science appliquée, qui intro-

duit artificiellement une rupture essentielle dans les types de pratiques en fonction des objectifs qu'elles s'assignent, nous introduisons et affinons une distinction qui nous semble plus opératoire entre problèmes *endogènes* et *exogènes*.

Enfin, nous proposons une critique de certaines positions pluralistes, notamment celles portées par Mitchell ou Longino, défendant la nécessité de lutter activement (au niveau des politiques de recherche elles-mêmes) contre l'hégémonie des méthodes et démarches qualifiées de « réductionnistes » en biologie. Nous montrons que leur anti-réductionnisme peut être qualifié de spéculatif dans le sens pragmatiste d'une déconnexion vis-à-vis des systèmes de pratique scientifique et des problèmes réellement rencontrés et traités par les chercheurs.

Dans un second temps (partie IV), il s'agit pour nous de mobiliser ces analyses épistémologiques afin de proposer des conditions de pilotage et un mécanisme possible de financement de la recherche qui les satisfassent.

Quel schéma de pilotage ?

La quatrième et dernière partie de notre thèse se veut être ainsi à la fois un bilan des réflexions précédentes et une analyse de leurs conséquences sur le plan pratique. Un examen du fonctionnement concret de quelques grandes agences de financement met en évidence les formes prises par le pilotage, selon ses dimensions d'orientation, de centralisation et d'externalisation. Ces modes de contrôle de l'activité scientifique, ainsi que les argumentaires récents visant à les refonder, optent pour une forme d'équilibre *horizontal* valorisant la co-existence d'une recherche finement pilotée et d'une recherche se voulant plus libre (chapitre X). Les conclusions des parties 2 et 3 conduisent à formuler des conditions théoriques de pilotage qui s'opposent sur de nombreux points à ce fonctionnement actuel ; en particulier, elles légitiment plutôt un type d'équilibre *vertical* qui assurerait un pilotage s'étendant à l'ensemble des projets menés, mais qui ménagerait un espace de liberté à petite échelle et une évaluation plus décentralisée des projets, limitant ainsi le rôle de l'évaluation par les pairs sous ses formes classiques (chapitre XI). Ces conditions sont appliquées dans le chapitre XII, qui présente un modèle prospectif de pilotage basé sur deux principes. Le premier propose une sélection décentralisée et participative des projets à financer, associant à l'évaluation l'ensemble des individus pratiquant la recherche. Il s'agit ainsi de contourner certains biais immédiats du processus classique d'évaluation par les pairs, tout en rendant possible une estimation fiable de l'intérêt objectif des projets proposés. Le second principe consiste à impliquer les publics extérieurs à la science à la fois

dans la proposition de thèmes ou de questions de recherche et dans le processus de décision.

Ce modèle s'oppose tout à la fois à une libéralisation excessive, qui maximiserait la liberté d'action des chercheurs, à une fermeture du champ scientifique sur les seuls problèmes endogènes, et à un pilotage intrusif qui donnerait un pouvoir de décision excessif à des collègues de pairs ne représentant qu'imparfaitement la diversité des pratiques de recherche et la variété des intérêts.

Un exercice de « philosophie de terrain »

On l'aura compris : la démarche que nous adoptons dans la présente thèse nous a amené à nous confronter à une littérature variée, dont une partie non négligeable est largement extra-philosophique, au sens universitaire du terme. Cette situation est essentiellement liée aux thèmes que nous abordons : outre leur pressante actualité, ils concernent tout à la fois l'épistémologie, l'histoire et la sociologie des sciences, ainsi que les mécanismes institutionnels de distribution des ressources. Le parti-pris qui est le nôtre accentue encore cet état de fait. En souhaitant donner à la philosophie un rôle à jouer dans ces débats, nous sommes contraints à des allers-retours fréquents entre considérations épistémologiques et références à une littérature non-universitaire, constituée par exemple de prises de position publiques de scientifiques ou de documents officiels émanant des instances administrant la recherche. Cette remarque doit nous inciter à la plus grande vigilance méthodologique. Mieux vaut donc dès à présent détailler les démarches argumentatives suivies dans chacune des parties constitutives de cette thèse.

La première partie de notre travail a pour but de reconstruire, à partir de prises de positions pro-autonomie de natures diverses (arguments philosophiques, expressions publiques), des thèses ayant un contenu philosophique substantiel. Nous empruntons donc ici une démarche de synthèse et de reconstruction rationnelle. Afin de justifier le fait que ces thèses ne constituent pas des hommes de paille, nous relevons ensuite quelques-uns des arguments (philosophiques et sociologiques) classiques construits contre les positions pro-autonomie et pouvant être opposés à ces deux thèses ; nous montrons alors que ces arguments sont insuffisants, et ne parviennent pas à affaiblir réellement les thèses libérales et anti-utilitaristes. La deuxième partie de notre thèse mène des analyses en philosophie générale des sciences, sur la base d'un renouvellement de la philosophie deweyenne de l'enquête à la lumière des acquis du *practical turn* et d'études de cas tirés de l'histoire des sciences. Ces études de cas sont avant tout illustratives ; elles tentent de donner un contenu empirique aux notions théoriques que nous proposons pour rendre compte de la dynamique de la recherche. La

troisième partie se penche tout d'abord sur des sources primaires et secondaires en histoire des sciences afin de présenter quelques épisodes de l'évolution de l'histoire de la biologie au cours du XX^e siècle. Ici, nos études de cas ont pour objectif de présenter des mécanismes d'interaction entre problèmes endogènes et exogènes dans un champ donné. Dans un second temps, nous développons et défendons des thèses ayant trait à la question classique du réductionnisme en biologie : nous discutons notamment les positions de Mitchell et Longino en mobilisant les analyses épistémologiques de la partie 2 et une étude de cas (le débat entre la *Tissue Organization Field Theory* et la *Somatic Mutations Theory* en cancérologie). Enfin, la quatrième et dernière partie s'éloigne notablement de la littérature universitaire, en se penchant sur les modalités institutionnelles du financement public de la recherche. Comme nous le rappellerons en temps voulu, de nombreuses sources officielles mobilisées à ce stade se caractérisent par une certaine opacité qui nous enjoint à la plus grande prudence ; méthodologiquement, les analyses descriptives que nous y menons ont donc surtout vocation à créer un effet de contraste avec notre proposition de schéma alternatif de pilotage.

Cette diversité des sources et des perspectives mobilisées pourrait être vue comme une forme d'opportunisme intellectuel, ou comme symptomatique d'un manquement à la rigueur méthodologique devant caractériser la pratique de la philosophie (ou de la philosophie des sciences) comme discipline universitaire. En premier lieu, en effet, l'objet que nous mettons au centre de nos réflexions, l'autonomie scientifique, est difficilement définissable de manière univoque et non ambiguë ; il ne peut se prêter que partiellement à un travail de clarification conceptuelle qui s'affranchirait des (multiples) contextes pratiques qui lui donnent son sens. Deuxièmement, il n'est pas aisé de distinguer, dans nos analyses, ce qui relève de l'épistémologie elle-même, comme questionnement philosophique, et ce qui constitue la recherche d'une réponse possible à un problème pratique (les principes de gouvernance de la recherche). L'originalité de notre démarche est en effet qu'elle est motivée, initialement, par une question posée et débattue à l'*extérieur* du champ philosophique (en tant que discipline universitaire) ; notre défi a alors été précisément de proposer un moyen de traiter cette question philosophiquement, c'est-à-dire de la préciser, de la reformuler, et enfin de l'intégrer autant que faire se peut aux interrogations de l'épistémologie contemporaine. Cette situation correspond bien, selon nous, à ce que Frodeman et Briggles (2016) ont récemment proposé de nommer « philosophie de terrain ».

Cette « philosophie de terrain » se caractérise par une attention soutenue portée à des problèmes identifiés hors de la sphère universitaire : la philosophie de terrain a alors pour objectif de « mettre

au jour, de discuter et d'évaluer les dimensions philosophiques » de ces « problèmes concernant le monde réel » (*Ibid.*, p. 135). L'audience de la philosophie de terrain est alors diverse et métissée, car constituée tout à la fois des chercheurs se revendiquant d'une ou plusieurs disciplines universitaires, et de parties-prenantes qui leur sont extérieures. En conséquence, les méthodes employées tout comme les conclusions obtenues sont difficilement assignables à une pratique philosophique bien délimitée, et la valeur de la philosophie de terrain doit être jugée à l'aune de son « impact » sur les objets qu'elle vise (*Ibid.*, p. 150). Il nous semble que, précisément parce qu'elle constitue un exercice de philosophie de terrain, la présente thèse peut être vue à la fois comme un travail de philosophie appliquée, et comme une contribution de philosophie générale des sciences. Ces deux aspects sont étroitement liés du fait même de la manière dont nous avons posé, dès le départ, notre question de recherche. En effet, l'autonomie de la science n'est ni un objet classique de l'épistémologie qui serait, à ce titre, clairement défini, ni une notion simplement opératoire ; ce concept doit s'étudier tout à la fois dans ses manifestations pratiques (par exemple, en explicitant la manière dont les différentes formes de pilotage limitent concrètement l'autonomie scientifique), dans son utilisation discursive (au sein des argumentaires prônant un contrôle politique ou au contraire un relâchement des contraintes pesant sur le développement scientifique et technique) et dans ses ramifications philosophiques.

PARTIE 1

L'AUTONOMIE DE LA SCIENCE EN DÉBAT

INTRODUCTION

Quel est le bon degré d'autonomie à octroyer au champ scientifique dans son ensemble, d'une part, et aux individus pratiquant la recherche, d'autre part, pour optimiser la productivité épistémique des activités scientifiques? Les réponses apportées à cette question forment un espace argumentatif complexe, où s'expriment une grande diversité de parties prenantes; nous proposons, dans cette première partie, d'en dresser un état des lieux. Le chapitre I recense tout d'abord les principaux arguments énoncés pour défendre l'autonomie du champ scientifique et la liberté de recherche comme une nécessité épistémique. Nous reconstruisons, à partir de cette typologie, deux thèses pro-autonomie principales. La première soutient que la créativité, l'anti-conformisme, et finalement, la capacité du champ scientifique à *explorer l'inconnu* dépend de la liberté laissée aux chercheurs (ou aux groupes de recherche) de suivre librement leur curiosité (thèse libérale, ou thèse I). La seconde s'intéresse à la nature même des objectifs poursuivis et affirme la supériorité épistémique d'une science guidée par des objectifs strictement cognitifs (comprendre le monde), contre une science guidée par des besoins pratiques (thèse anti-utilitariste, ou thèse II). La reconnaissance de l'indépendance de ces deux thèses nous semble être un pré-requis important pour clarifier le débat et localiser précisément les points à discuter.

Le cœur de notre démarche consiste alors à prendre ces deux thèses au sérieux, comme fournissant des informations importantes quant aux propriétés épistémiques du processus de recherche pouvant éventuellement contraindre les conditions de son pilotage. Pour ce faire, nous commençons par présenter et écarter certaines mises en cause classiques des arguments pro-autonomie (chapitre II). Nous montrons alors que les thèses libérales et anti-utilitariste méritent une analyse critique renouvelée, que nous mettrons en œuvre dans les parties 2 et 3.

CHAPITRE I

DEUX THÈSES AUTONOMISTES

I.1 Comment étudier les discours sur l'autonomie scientifique ?

Une mise en garde méthodologique s'impose avant d'aborder les débats portant sur l'autonomie scientifique. Ces derniers ouvrent un champ de discussions par nature polymorphe, où se mêlent des considérations éthiques, politiques, sociologiques et épistémologiques. Il s'agit donc de parvenir à rendre *commensurables* ces différents registres de discours : comment comparer les déclarations hâtives et partisans de scientifiques (parfois) historiquement mal informés, les études sociologiques des *Sciences and Technology Studies*, minutieuses mais glissant souvent vers le relativisme, les analyses des philosophes des sciences sur la perméabilité de la recherche aux valeurs non épistémiques, ou encore les données historiques sur le rôle des enjeux pratiques, ou utilitaires, dans la constitution des connaissances ?

Une première possibilité souvent exploitée pour donner du sens à la pluralité des discours sur l'autonomie scientifique consiste à *historiciser* la question, en la contextualisant de manière à en retracer la généalogie. L'ancienneté des débats sur les relations réciproques de la science, de l'économie et de la sphère politique et sociale rend, à première vue, cette option particulièrement adaptée. La démarche consistant à historiciser la notion de science pure, en l'intégrant dans un processus d'autonomisation de la recherche académique, est une parfaite illustration de cette tendance. Selon cette logique, les critiques de la science qui se développent depuis les années 1960 (Debailly, 2015) correspondraient alors au démantèlement d'une idole forgée au siècle précédent. Les appels contemporains en faveur d'une ouverture de la science à la démocratie seraient ainsi l'aboutissement d'une longue marche pour la reconnaissance de « la dimension sociale du savoir scientifique », pour reprendre le titre d'un article de Longino pour la *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Longino, 2002b). Le même type de démarche historicisante est développée par Douglas (2009), qui insiste sur

le passage d'une science attachée à l'idée de son imperméabilité au contexte (idée communément appelée *Value-Free Ideal*) à la prise en considération de la présence d'un grand nombre de valeurs non épistémiques réglant la dynamique de l'enquête. Dans cette optique, le sens de l'histoire irait vers la reconnaissance et la justification de l'abandon progressif de l'autonomie de la science comme principe de gouvernance.

Cependant, plusieurs indices donnent à penser que cette vision évolutive tend à lisser et simplifier une histoire des idées plus complexe et chaotique. Ainsi, Mirowski dénonce-t-il fermement l'idée d'un tournant social et politique de la philosophie des sciences dans les dernières décennies. Ciblant notamment Kitcher et Longino, il remarque que

l'impression répandue que la philosophie des sciences récente a inventé l'exploration des "dimensions sociales du savoir scientifique" est une erreur, en partie due à un manque d'appréciation de la manière dont les sciences sociales et la philosophie étaient intriquées durant le siècle dernier (...). Beaucoup de philosophes des sciences considèrent qu'ils participent à la "reconnaissance croissante du caractère social de l'enquête scientifique" (...). Cette idée est factuellement fautive (Mirowski, 2004, p. 283-284)

Pour Mirowski, l'une des erreurs commises est de reconstruire cette évolution intellectuelle en se fondant sur une discipline particulière – la philosophie des sciences. Cette démarche empêche de capter la continuité des interrogations sur le caractère social du savoir scientifique, alors « qu'une lecture plus subtile de la littérature révèle que les réflexions sur la "dimension sociale" n'ont jamais été complètement absentes » (*Ibid.*, p. 287). Cette lecture plus subtile aurait demandé de prendre en compte également les travaux des sociologues et de la « communauté des chercheurs en politique scientifique (*science policy community*) » (*Ibid.*, p. 284), qui ont eux-même apporté des contributions, « tout au long du XX^e siècle », sur « la signification sociale de la science, l'efficacité épistémique de la méthode scientifique et l'optimisation des modes de financement des communautés scientifiques » (*Id.*). Ainsi, une vision trop évolutive tend à minimiser les effets d'écho, de résonance, les allers-retours de la vie intellectuelle et à souffrir d'une certaine myopie quant à la diversité des sources à prendre en compte pour penser le lien entre l'autonomie de la science et sa productivité épistémique. Cette perspective linéaire accentue les ruptures et efface les continuités ; de ce fait, elle risque de manquer l'identification de tensions fondamentales structurant, aujourd'hui comme hier, la notion même d'autonomie scientifique.

Une démarche plus synthétique, décontextualisant les discours pour reconstruire une opposition

entre des arguments archétypaux peut être trouvée dans les travaux de Wilholt. En citant conjointement, dans une article portant sur le thème de l'autonomie et de la planification (Wilholt, 2006b), le naturaliste allemand Humboldt (1810), la législation contemporaine en matière de cellules souches (2004), les discours de Condorcet à l'Assemblée Nationale (1792) et les textes de Mill (1859) et de Polanyi (1962), il postule une véritable continuité argumentative dans les débats autour de l'autonomie scientifique. Cette démarche est élargie dans un article de 2011 se voulant une typologie des arguments portant sur « les conditions de la science en société » (Wilholt et Glimell, 2011). Les auteurs y mènent une approche explicitement « œcuménique » :

Dans le débat ancien portant sur les conditions de la science en société, plusieurs grands types de discours ont été proposés. Leurs porteurs ont souvent essayé de promouvoir une ou plusieurs conclusions générales à propos de la science (par exemple, que la science doit être autonome, ou que sa responsabilité sociale doit être renforcée). Naturellement, ils ont fait leur possible pour identifier une stratégie argumentative cohérente afin de défendre de manière efficace leurs assertions. Les arguments pointant dans d'autres directions sont souvent vus comme des obstacles qui doivent être repoussés. Dans cet article, nous essayons de rendre compte de la tenue générale de ces arguments dans une perspective œcuménique (*Ibid.*, p. 351).

Ces arguments sont classés en trois catégories, qui définissent autant de lignes de tension sous-tendant la question des « conditions de la science en société ». Les auteurs distinguent ainsi les arguments ayant trait à la liberté de recherche, à la responsabilité scientifique (*accountability*) et à la recherche finalisée (*targeted research*). Nous ne détaillerons pas ici la teneur des différents arguments présentés : nous serons amenés à les croiser lors de notre propre analyse. Notons simplement que cette démarche présente l'intérêt d'offrir une carte lisible d'un paysage argumentatif ancien, foisonnant et multiforme. En identifiant les positions, les points conflictuels et les arguments clés échangés, elle permet de faire reposer le débat sur des bases solides. Cette grille d'analyse rend possible une lecture raisonnée des différents discours construits sur la question des conditions politiques de la recherche scientifique.

Bien entendu, la pertinence d'une telle démarche peut être discutée. Notamment, on peut se demander jusqu'à quel point les rapprochements effectués ne sont pas, au moins en partie, artificiels. En épurant la présentation des discours de toute référence au contexte de leur élaboration, on s'interdit notamment de penser leur singularité historique et la dynamique des débats dans lesquels ils s'inscrivent. Cependant, notre objectif est justement de nous détacher, au moins dans un premier temps, d'une lecture trop socio-politique du problème de l'autonomie scientifique, pour nous intéresser à ses enjeux proprement épistémologiques, trop peu discutés. Dans ce cadre, l'ancrage

des arguments dans un certain contexte est moins pertinente que la mise en évidence de leur continuité historique. En soulignant les phénomènes de résonance entre les discours, plus que les logiques contextuelles qui les sous-tendent, la démarche de Wilholt permet de cibler les arguments clés récurrents à prendre en compte pour répondre à notre problématique. Le choix d'une méthodologie similaire nous semble ainsi pertinente au regard de nos objectifs. Notre but sera donc, dans ce cadre, de constituer une typologie adaptée aux spécificités de notre question, mettant au jour les grands types d'argument élaborés pour défendre une forme ou une autre d'autonomie scientifique comme nécessité épistémique⁸.

I.2 Une proposition de typologie

Nous dégageons trois catégories d'arguments. La première insiste sur le lien entre la liberté individuelle et la créativité. Elle centre ainsi l'autonomie sur la figure singulière du chercheur, conçu comme promoteur de la richesse et de l'inventivité de l'enquête. Un deuxième type de discours élève la question de l'autonomie au champ scientifique dans son ensemble et cherche à montrer qu'une forme de liberté de recherche doit être accordée au champ scientifique dans son ensemble pour en optimiser la productivité épistémique. La sphère scientifique doit donc être en mesure de décider en interne des orientations de la recherche, selon les critères qu'elle juge appropriés – classiquement, des critères cognitifs, présentés comme opposés aux préoccupations pratiques. Guidé par la volonté explicite de parachever la conquête d'un principe de liberté de recherche, un troisième type d'argumentaire prône une (néo)-libéralisation de la science. Celle-ci doit se traduire par une dissolution du patronage exercé par l'État sur l'organisation du champ scientifique – patronage décrit comme faisant obstacle au complet déploiement du principe de libre enquête. À l'autorité des pouvoirs publics, la science doit alors préférer celle du marché, plus à même de promouvoir sa créativité.

Notons que notre ambition, dans cette première partie, est de parvenir à formuler sous une forme concise les grands types d'arguments sur lesquels nous devons nous fonder pour élaborer une réponse à notre problématique. La clarification des termes employés dans les discours que nous étudions ici (« liberté », « créativité », « diversité », « conservatisme », « finalisation ») fera partie intégrante de la critique que nous en mènerons par la suite.

⁸Comme nous l'avons proposé en introduction, il nous semble que cette démarche s'inscrit pleinement dans le cadre d'un travail de « philosophie de terrain » telle que la définissent Frodeman et Briggie (2016).

Nous déduisons de cette typologie deux grandes thèses pro-autonomie, que nous qualifions respectivement de libérale et d'anti-utilitariste et dont nous mènerons une analyse critique renouvelée dans les parties 2 et 3.

I.2.1 Autonomie individuelle et créativité

Une première ligne argumentative met en scène *l'individu* qui, armé de sa seule curiosité et motivé par un goût tout humain pour la quête du vrai, se lance à l'assaut de territoires encore inexplorés. La figure singulière du chercheur incarne alors cette inclination essentielle pour le savoir : thème récurrent, s'il en est, de la philosophie occidentale⁹, implicitement mobilisé pour bâtir un modèle de la recherche scientifique mettant en valeur la confrontation de l'être humain avec le monde physique, qui interpelle son désir de connaissance. « La Nature nous appelle afin que nous l'étudions », nous dit par exemple le physicien Rowland¹⁰ en 1883 dans les colonnes du journal *Science* (Rowland, 1883). On retrouve cette même idée exprimée, quelques décennies plus tard, par Louis de Broglie, pour qui « l'homme a soif de connaître et de comprendre : son intelligence, qui est comme le couronnement de activités de la vie à la surface de notre planète, éprouve une satisfaction intense à résoudre les problèmes que lui posent le spectacle des phénomènes physiques » (de Broglie, 1947, p. 9). C'est dans ce même esprit qu'aujourd'hui, la notion de *curiosité* est mise à l'honneur. Lors de son intervention au colloque *Science et Démocratie* du collège de France, tenu en 2013, le physicien Serge Haroche affirmait ainsi que « la science est essentiellement mue par la curiosité, le besoin insatiable des scientifiques de comprendre la nature » (Haroche, 2013). Dans la même veine, Luc Montagnier, co-lauréat en 2008 du Prix Nobel de Médecine et membre de l'Académie des Sciences, note que « l'aiguillon de la connaissance (chercher pour comprendre et connaître) reste toujours le moteur principal des chercheurs » (Montagnier, 2003, p. 60).

Le moteur de la découverte est donc, dans ce cadre, la relation singulière qu'entretient le chercheur au savoir. Cette idée a notamment été théorisée par Michael Polanyi à l'aide du concept de *personal knowledge*. Il s'agit, pour l'auteur, de rompre avec la conception positiviste de la science faisant du chercheur l'exécutant froid et distant de la méthode scientifique. Pour Polanyi, il faut plutôt considérer que « ses actes sont des jugements personnels exercés dans l'optique d'établir

⁹L'idée d'un désir naturel de connaissance comme propriété de l'être humain constitue en effet un leitmotiv que l'on retrouve dans un grand nombre de systèmes philosophiques – ceux d'Aristote et Spinoza en tête. Nous ne nous étendons pas sur cette généalogie, les discours sur l'autonomie scientifique ne s'y référant, au mieux, que de manière allusive.

¹⁰Vice-président de la section de Physique de l'*American Association for the Advancement of Science*.

un contact avec la réalité » (Polanyi, 1966, p. 77). La logique de la découverte ne peut donc être explicitée simplement en considérant la relation objective établie entre des faits bruts et la communauté qui les reçoit. C'est le désir personnel, subjectif du chercheur de toucher au vrai qui motive la démarche scientifique. De ce fait, pour Polanyi, « chaque acte de savoir contient en réalité une part d'engagement ou d'investissement passionné du chercheur » (Catellin, 2014, p. 133)¹¹. Le point important est que cette passion doit être, politiquement et socialement, protégée et encouragée. Il est crucial que le scientifique se sente libre d'explorer les voies au sein desquelles il pourra exprimer son talent. C'est une idée de ce type que défend, par exemple, l'Académicien et ancien Professeur au Collège de France Jean-Claude Pecker, lorsqu'il déclare que « la recherche est une activité créatrice, avec ses aléas et même ses erreurs. Elle repose en définitive sur le *talent des individus* qu'il faut stimuler et enthousiasmer plus que diriger ou encadrer » (Pecker, 2003, p. 51, *nous soulignons*).

Cet argument tend ainsi à opposer la *créativité* des individus aux multiples contraintes qui s'exercent sur eux. Ces contraintes, comme le note le biologiste Ivan Couée, sont à la fois « générées au sein de la communauté scientifique et imposées de l'extérieur » (Couée, 2013, p. 223). Ainsi, l'aliénation de la figure du chercheur par les multiples formes de la demande sociale est-elle couramment dénoncée¹². Les exemples sont légions ; citons par exemple Max Weber qui, s'intéressant à la question de la vocation du scientifique, écrit en 1919 :

La question à laquelle nous devons répondre ici est la suivante : quelle est la position *personnelle* de l'homme de science devant sa vocation ? (...). Il nous dit qu'il s'occupe de la science "pour la science même" et non pas uniquement pour que d'autres puissent en tirer des avantages commerciaux ou techniques ou encore pour que les hommes puissent mieux se nourrir, se vêtir, s'éclairer et se diriger (Weber, 1959 [1919], p. 13, *nous soulignons*).

Le sociologue traduit ici ce qui lui semble être un déterminant commun à tout homme de science : les applications que les autres tireront de ses découvertes ne sont pas son point de mire. Les préoccupations pratiques ne doivent pas interférer avec son travail, qui est de servir la connaissance pour

¹¹Cette logique est parfois poussée par Polanyi jusqu'à une expression proprement théologique de l'activité scientifique. Il décrit ainsi cette dernière comme une « recherche dévote de Dieu », dans un texte éloquent nommé *Science, Faith and Society* (Polanyi, 1964, p. 34). De manière plus générale, l'une des bases de l'épistémologie développée par Polanyi est la foi quasi-religieuse du scientifique en la réalité qu'il dévoile. Pour plus de détails sur ce point, voir notamment l'ouvrage de Marie-Jo Nye consacré à Michael Polanyi (Nye, 2011).

¹²Les pressions exercées par le monde politique, social ou économique sont bien sûr dénoncées également en tant qu'elles affectent l'autonomie du champ scientifique dans son ensemble (et non pas seulement celle du chercheur individuel). Nous aborderons ce point dans la section suivante.

elle-même. Cette idée va de pair avec la crainte de voir le savant soumis à des intérêts ne correspondant pas à la voie qu'il s'est assignée. Cette crainte est clairement exprimée, quelques années plus tard, par le sociologue Henri Lévy-Bruhl :

Si l'on subordonne ses efforts à des intérêts si généraux, si généreux soient-ils, le savant perd sa liberté d'action. Certes, il pourra accomplir des découvertes géniales ; [mais] il ne sera jamais qu'un agent, qu'un instrument (...). Il n'aura plus ce droit souverain d'initiative qui fait sa noblesse et qui lui permet, comme à l'artiste, de ne dépendre d'aucune autorité temporelle ou spirituelle. Cette indépendance est moins indispensable au savant qu'à la science elle-même (...). Elle ne saurait vivre que dans un climat de liberté (Lévy-Bruhl, 1949).

La notion de liberté en science prend donc explicitement son sens à l'échelle de l'individu. C'est l'*indépendance* du savant vis-à-vis de l'intérêt général qui garantit la richesse et la productivité de l'enquête. La référence à l'artiste insiste sur le caractère créatif, inventif de l'entreprise scientifique, tout en jouant sur le lien implicite entre liberté et créativité.

Ce désir d'émancipation individuelle se retrouve également dans la dénonciation des contraintes internes à l'entreprise scientifique – typiquement, l'évaluation par les pairs. Ainsi, récemment, Resnik remarquait-il que « les évaluateurs peuvent être mal disposés à l'égard de recherches très innovantes, si elles mettent en doute leurs propres travaux et les théories établies. Beaucoup de chercheurs préfèrent éviter de financer une recherche qui puisse mettre en péril leurs intérêts professionnels ». En conséquence, « l'évaluation par les pairs (*peer-review*) échoue souvent à financer des recherches innovantes, de par le conservatisme inhérent au système » (Resnik, 2009, p. 120). Ce procès en « conservatisme » du mécanisme d'évaluation par les pairs est courant. Il existe ainsi une « perception partagée [selon laquelle] l'évaluation par les pairs est intellectuellement conservatrice » (Lee, 2015, p. 1273). Cette réflexion critique est ancienne et émane souvent des scientifiques eux-mêmes. Elle a sans doute accompagné la généralisation des mécanismes de financement sur projets. Ainsi, dès la fin des années 1970, Carter (1979) rapporte-t-il les avis de Carl Leopold (biologiste à l'Université Cornell et assistant du directeur de la National Science Foundation) et de Thomas Jones (vice-président du MIT), selon lesquels « les programmes de la NSF sont sous pression pour ne pas accepter les projets imaginatifs ou portant sur le long terme » (p. 1065). Dans ce cadre, « les demandes de financement qui sont réellement innovantes et qui se situent en dehors des courants dominants (*mainstream research*) sont souvent refusées » (p. 1064). La raison en serait que les bailleurs de fonds, comme la NSF, donneraient priorité à des recherches pouvant offrir, rapidement et de manière sûre, des résultats tangibles. L'évaluation par les pairs tendrait alors à garantir la sécurité

de l'investissement, en donnant un poids trop important à la *plausibilité* par rapport à l'*originalité*. Le sociologue Gillepsie (1985) fait ainsi état d'un grand nombre de plaintes des scientifiques sur le fonctionnement de l'évaluation par les pairs, portant notamment sur son supposé « conservatisme ». Dans le même esprit et plus récemment, Christian de Duve, prix Nobel de médecine en 1974, critiquait de manière radicale l'usage de l'évaluation par les pairs comme outil de financement :

Ma dernière recommandation va aux responsables politiques. *Financer les chercheurs, pas les recherches*. Rappelez-vous, je vous prie, cette vérité évidente mais rarement reconnue selon laquelle la science, ou du moins son fer de lance que l'on nomme recherche fondamentale, explore l'inconnu et est donc incapable, par définition, de prévoir combien seront utiles ou profitables les découvertes futures. Plutôt que d'exiger, à ce sujet, une assurance qui ne peut être honnêtement fournie, mettez toute votre confiance dans l'habileté, l'instinct, la curiosité et la motivation du chercheur. Cela produira une meilleure recherche, contribuant au mieux à l'avancement du savoir (de Duve, 2004, p. 21687).

Pour de Duve, en mettant en place des outils institutionnels pour sélectionner les recherches que l'on finance (comme l'évaluation par les pairs), on se fonde indûment sur leur pertinence estimée, qui ne peut être considérée comme fiable pour juger de leur fécondité réelle (de par l'imprévisibilité inhérente à l'enquête). Indépendamment de toute pression extérieure, c'est ainsi l'organisation même de la communauté scientifique qui est mise en cause. L'élément de base de l'innovation scientifique étant l'inventivité de l'individu, tout système diminuant son indépendance est vu comme contre-productif. Ainsi, l'apparition de grandes instances de financement (NSF, agences gouvernementales, fondations, grandes universités), générant un contrôle à grande échelle de la recherche, est décrite par Couée (2013) comme un frein à la créativité. En particulier, l'investissement sur des projets de recherche est souvent dénoncé pour sa tendance à diminuer la diversité des pistes de recherche suivies. Dans certains cas, c'est le faible nombre de projets financés qui est mis en cause¹³. Dans d'autres, le principe même du financement sur projet est dénoncé, quelqu'en soient les modalités. Ainsi, le professeur Braben, un des promoteurs de la *Blue Sky Research*¹⁴ écrit-il dans un ouvrage

¹³On pourra se référer, par exemple, à l'article du *Monde*, daté du 5 avril 2016 et signé par le neurobiologiste Ben-Ari (Ben-Ari, 2016). L'auteur y dénonce le Human Brain Project et son coût pharaonique, au motif qu'il centralise les investissements européens sur un unique projet : « financer 1000 projets en les dotant chacun de 1 million d'euros aurait certainement fait davantage avancer nos connaissances que miser 1 milliard d'euros sur le projet HBP ». Ce danger de concentration des fonds sur quelques projets à la mode est régulièrement dénoncé, l'avis sur « les aspects éthiques du financement public de la recherche sur projet » rendu par le comité d'éthique du CNRS en 2010 étant un bon exemple d'argumentaire allant dans ce sens (Comets, 2010).

¹⁴Terme surtout utilisé en Grande-Bretagne pour désigner une recherche menée sans souci explicite d'application.

au titre évocateur (*Scientific Freedom. The Elixir of Civilization*) :

Pour la première fois dans la longue histoire de la science, les chercheurs doivent soumettre leurs projets à des agences. La spontanéité a été perdue. Les bailleurs de fond soumettent ces propositions à une évaluation (*peer-review*) opaque afin de choisir celles qu'ils jugent les meilleurs, abandonnant le reste. Ces changements bien-intentionnés (...) empêchent l'exploration en dehors des courants dominants et la remise en cause des conventions (...). Les scientifiques frondeurs ont peu de chance d'obtenir des fonds (Braben, 2008, p. 7).

L'autorité exercée sur le chercheur, même de manière *interne* à la sphère scientifique, est dénoncée comme diminuant une forme de diversité épistémique de l'enquête. Pour Braben, c'est donc bien la liberté individuelle du chercheur qui doit être défendue. Il l'explique d'ailleurs clairement, en regrettant que « la manière dont les *individus* peuvent acquérir ou perdre leur liberté soit rarement discutée » (p. 4). Cette idée se retrouve dans les écrits de Sir John Cadogan, membre de la Royal Society. Dans sa préface à un ouvrage récent, rassemblant les écrits de plusieurs dizaines de scientifiques britanniques défendant la « Curiosity-driven Blue Sky Research », il regrette que « la plupart des centres [de recherche] fonctionnent d'une manière autoritaire, en conséquence de quoi les sujets de doctorat doivent se conformer aux champs d'étude décidés par l'autorité » (Cadogan, 2014). La curiosité naturelle des jeunes chercheurs est donc décrite comme bridée par l'autorité même de leurs mentors.

Sous-jacent à cette défense de la liberté individuelle du chercheur, on trouve un lien implicite entre la latitude laissée aux scientifiques dans la détermination des objets de leur recherche et une forme d'anti-conservatisme. La liberté de recherche est associée à l'innovation, à la créativité ou encore à la diversité. Bien entendu, l'objet ainsi *diversifié* n'est pas précisé : sont-ce les théories ? Les modèles ? Les méthodes utilisées pour résoudre un problème donné ? Les thèmes étudiés ? Corrélativement, l'intérêt épistémique intrinsèque de cette diversification est également pris pour acquis, sans être rattaché à une description précise de la dynamique de la recherche qui justifierait sa valeur. De manière générale, il semble que l'opposition construite au sein de ce discours place d'un côté une science tendue vers un objectif précis, prédéfini et utilisant des techniques, concepts, méthodes déjà connus pour y parvenir et une science explorant l'inconnu pour y trouver du nouveau. De manière certes un peu caricaturale, mais éclairante, Catherine Jessus, la directrice de l'Institut National des Sciences Biologique du CNRS, nous livre dans un ouvrage récent portant sur les progrès de la biologie durant les dernières décennies une version imagée de ce type de discours. « Gardons-nous de

la conduite de l'homme qui cherche ses clés sous le réverbère parce que c'est la seule zone éclairée », nous dit-elle. « Allons explorer l'ombre, guidés par la curiosité de découvrir les richesses qu'elle contient » (Jesus, 2017, p. 28). La curiosité individuelle du chercheur est dès lors conçue comme une force le poussant à sortir du *déjà connu* pour explorer des pans du monde naturel encore dans « l'ombre ». Suivre librement sa « curiosité » permet, selon cette perspective, de s'extraire du champ de ce qui est acquis, maîtrisé, pour « créer », « innover », « inventer », « découvrir »¹⁵.

Quelles solutions, quelles types d'organisation sont alors proposées par les tenants de cette liberté individuelle ? Sans surprise, il s'agit pour eux de promouvoir des financements inconditionnels, centrés sur l'individu ou de petits groupes de recherche. *Fund people, not projects*, titre ainsi un article paru dans la revue *Nature* en 2011 (Ioannidis, 2011). Exprimée de manière un peu plus développée, l'idée est de « mettre en place des financement permettant de soutenir une recherche de long terme et centrée sur les individus et de donner aux chercheurs plus de liberté, d'indépendance et les moyens de s'aventurer dans l'inconnu » (Couée, 2013, p. 224). Soutenir la force des individualités contre la pression organisatrice, gestionnaire et finalement stérilisante, de l'État moderne, voilà finalement le débouché cohérent d'un discours mettant en avant la liberté de recherche individuelle comme condition du développement scientifique¹⁶. Ce type de discours centre ainsi la notion d'autonomie sur l'individu et non pas sur la sphère scientifique dans son ensemble. Une solution de gouvernance dans laquelle les bailleurs de fonds laisseraient les chercheurs décider entre eux de la distribution des financements n'est pas, dans ce cadre, une solution adaptée. Les arguments présentés permettent aisément de comprendre pourquoi : on ne peut pas faire confiance à la *communauté* pour motiver l'émergence d'idées innovantes. Le conservatisme inhérent au principe d'évaluation par les pairs étoufferait les talents individuels ; la hiérarchie intellectuelle réduirait au silence les voix discordantes ; en un mot, le conformisme s'installerait. Il vaut mieux donc faire résolument confiance aux individus et privilégier le financement aveugle d'un grand nombre de projets, en li-

¹⁵Nous avons pleinement conscience du caractère très imprécis, informel et intellectuellement insatisfaisant de ce type de discours. Notre tâche sera précisément d'en trouver une formulation plus claire, apte à être philosophiquement discutée.

¹⁶On retrouve la même idée chez Braben (2008), pour qui « depuis la Renaissance, la politique de la recherche a été généralement une absence de politique. Le patronage et le mécénat ont toujours été importants, mais leurs objectifs étaient divers et ils conduisaient souvent au financement de talents créatifs ». Dans cette logique, Braben propose alors un nouveau modèle d'université, qui serait « basée sur les *gens* et n'aurait pas de département au sens traditionnel (...). Le principal objectif de cette nouvelle université serait d'aider les étudiants à développer leurs propres capacités critiques et créatives et de leur montrer que la vie peut être beaucoup plus riche que les orthodoxies présentes veulent bien l'admettre » (p. 99).

mitant toute évaluation préalable¹⁷. Cela conduit ainsi Braben à défendre une recherche organisée selon les principes suivants : « des fonds, pas de frontières, pas de dates limites, pas d'exclusions, pas de jalons, pas d'évaluations par les pairs, pas de priorités, pas d'objectifs spécifiques autres que ceux d'explorer et de comprendre, des chercheurs libres d'aller dans toutes les directions n'importe quand » (Braben, 2008, p. 105).

Ce discours prend finalement appui sur la croyance en la force créatrice de ces « scientifiques exceptionnels, dont le travail peut ouvrir de nouveaux horizons seulement s'ils jouissent d'une totale liberté » (Braben, 2008, p. 3). On retrouve ici la figure classique du *génie*, capable, s'il est libre, de rompre avec les traditions établies et de tracer de nouvelles routes. Ce thème est ancien. Condorcet l'utilise par exemple en 1792, d'une manière très similaire, pour défendre devant l'Assemblée Nationale son projet d'organisation générale de l'instruction publique¹⁸. La même tendance se retrouve aujourd'hui dans la mobilisation courante des grands noms de la science au sein des discours défendant l'autonomie. Les figures mythiques de chercheurs ayant marqué leurs temps sont utilisées pour revendiquer un relâchement des contraintes pesant sur l'individu. Ainsi, en s'attaquant au mode de financement sur projet de la recherche, le neurobiologiste Ben-Ari écrit-il dans les colonnes du *Monde* que « les découvertes qui ont fait faire un bond à nos connaissances sont toujours réalisées par des non-conformistes, de façon imprévue, en empruntant des chemins de traverse et en dehors de cette doxa autoproclamée » (Ben-Ari, 2016). Pour étayer son propos, il cite les figures de Giordano Bruno, Einstein, Galilée et Copernic. En attaquant plus spécifiquement le pilotage de la recherche par les « retombées économiques », Jean-Claude Pecker note que « l'émerveillement de la recherche, celui qui anima Louis Pasteur, Marie Curie ou encore Alfred Kastler, leur amour presque physique du travail de recherche, la satisfaction intense que procure la solution d'un problème, l'aboutissement d'une réflexion, la perfection d'une mesure (...) tout cela a tendance à s'estomper (...) dans les pré-

¹⁷Notons que ce type de gouvernance est donc différente de ce que Wilholt et Glimell appellent « délégation aveugle (*blind delegation*) » (Wilholt et Glimell, 2011, p. 358-359). Leur analyse des différents types de discours sur les conditions de la science en société ne permet pas de distinguer les notions d'autonomie individuelle et collective. Le régime accordant le plus d'autonomie à la science, dans leur schéma, correspond à la « République des Sciences (*Republic of Science*) » prônée par Polanyi (1962), sur laquelle nous reviendrons dans la section suivante. Les arguments que nous présentons ici permettent de mettre en valeur l'existence d'une vision plus radicale de l'autonomie scientifique, centrée sur l'individu et non pas sur la communauté.

¹⁸« Le génie veut être libre, toute servitude le flétrit et souvent on le voit porter encore, lorsqu'il est dans toute sa force, l'empreinte des fers qu'on lui avait donnés au moment où son premier germe se développait dans les exercices de l'enfance » (Condorcet, 1792). L'intégralité du discours est disponible sur le site de l'Assemblée Nationale : <http://www2.assemblee-nationale.fr/decouvrir-l-assemblee/histoire/grands-moments-d-eloquence/condorcet-20-et-21-avril-1792> (consulté le 2 septembre 2018).

occupations des gouvernants, qui évoquent un besoin de “rentabilité” qui les oriente différemment. Le pilotage n’est plus animé par la curiosité, mais par les retombées économiques » (Pecker, 2003, p. 37). Implicitement, les auteurs font donc référence à un âge d’or où les individualités pouvaient exprimer librement leur curiosité naturelle et où le non-conformisme était favorisé.

Il nous semble important de noter la sur-représentation d’exemples tirés de la physique fondamentale dans ce type d’argumentaires. En dehors des figures classiques de Galilée et Giordano Bruno¹⁹, les physiciens du XIX^e et du début du XX^e sont abondamment mobilisés. Voilà, par exemple, comment Louis de Broglie illustre la notion de science pure :

Il n’y a pas de plus bel exemple d’applications fécondes et innombrables de la science pure : ni Galvani quand il faisait remuer les pattes de grenouille par le passage des courants électriques, ni Oerstedt quand, par hasard, il observa l’orientation d’une aiguille aimantée au moment où il faisait passer un courant dans un fil voisin, ni Ampère quand il s’efforçait de tracer une vue magnifiquement synthétique de l’action réciproque des aimants et des courants, ni Faraday lorsqu’il mit en lumière le phénomène de l’induction, ne pouvait entrevoir l’immense développement qu’allaient prendre les applications des phénomènes qu’ils découvraient ou dont ils établissaient les lois. Sans ces savants, soutenus dans leur recherche désintéressée par la joie de connaître et de comprendre, toutes les formes, aujourd’hui si variées, de l’industrie et de la technique électriques n’auraient pu naître puisque les connaissances sur lesquelles elles reposent nous auraient fait défaut (de Broglie, 1947, p. 11).

Il cite également, quelques pages plus loin, le mécanique ondulatoire, « doctrine imaginée par des savants qui étaient uniquement mûs par la curiosité intellectuelle de comprendre le mécanisme des phénomènes à l’échelle atomique » (p. 13). Dans le même esprit, Polanyi choisit explicitement, quelques années plus tard, de développer le concept de science pure à partir de « la mécanique, grand modèle de la science de tous les temps » (Polanyi, 1989 [1951], p. 102). Il établit alors, sur plusieurs pages, une filiation entre les grands noms de la physique fondamentale, de Newton à Einstein, en passant par Maxwell et Bohr. Ces derniers constituent selon lui

une chaîne continue d’événements intellectuels qui pénètrent toujours plus avant dans la nature des choses. Ils ont réalisé une série de découvertes permettant de comprendre de mieux en mieux les lois de la nature, nos connaissances gagnant toujours plus en portée et en profondeur (p. 106).

¹⁹Resnik (2009) en fait, par exemple, les symboles de la lutte pour la liberté intellectuelle contre le pouvoir politique (p. 4). Plus généralement, la manière dont Galilée a été érigé comme icône de la science moderne est bien documentée par les historiens. On peut notamment se référer à l’étude de Carnino (2015).

La physique est donc prise comme archétype d'une démarche visant à percer les secrets de la nature et semble constituer une mine d'exemples possibles pour exalter la valeur de l'individu dans le progrès des connaissances. C'est ainsi, par exemple, que Sir John Cadogan vante les mérites de « Faraday, ce génie insurpassable, pionnier de la recherche conduite par la curiosité (*curiosity-driven research*) » (Cadogan, 2014, p. 2). De la même manière, Braben choisit de baptiser « Planck's Club » le groupe des héros de la science qui doivent nous servir de modèles pour penser la gouvernance de la recherche. Les références à l'histoire de la physique permettent de mettre le génie individuel à l'honneur, et l'autonomie est ainsi valorisée en ce qu'elle favorise l'émergence de personnalités capables d'ouvrir de nouvelles voies de recherche. Bien évidemment, cette mobilisation de figures issues de la physique a un sens historique. Elle correspond à la longue domination de cette discipline au sein du champ scientifique et dans les préoccupations de la philosophie. En outre, il est bien connu que le mode de financement de la recherche dominant avant la fin du XIX^e siècle centrait l'activité scientifique sur quelques individus profitant des largesses du mécénat ou d'une situation matérielle confortable. Adrian Rip rappelle par exemple que l'institutionnalisation de la science est « historiquement contingente et dérive d'un regroupement d'une constellation de financements distincts » (Rip, 2011, p. 197)²⁰. Le développement de la physique théorique au début de XX^e siècle a ensuite fortement contribué à mettre en valeur la figure du scientifique indépendant, si l'on en croit les descriptions qui nous sont offertes de l'activité académique en physique théorique dans les années 1920. En citant le témoignage d'un scientifique de l'époque, Marie-Jo Nye rapporte qu'« il y avait tant de scientifiques indépendants à Berlin et l'atmosphère de travail, les relations qu'ils entretenaient, étaient si libres, que chaque jeune homme avait une chance de développer avec succès ses propres idées » (Nye, 2011, p. 51). Cette ambiance est bien illustrée par les colloques organisés à l'Institut de Physique de Berlin, durant lesquels se réunissaient les grands noms de la physique de l'époque, dont Einstein, Planck et Nernst :

L'objectif avoué de ces colloques était d'étudier les nouvelles contributions importantes de la physique (...). Cette organisation permettait aux plus grands physiciens, qui étaient absorbés dans leurs propres travaux, de continuer à suivre les avancées d'autres branches de la physique (...). La science était alors une occupation monastique (Nye, 2011, p. 50).

²⁰Les différentes phases d'institutionnalisation de la recherche ont été abondamment étudiées par les historiens. La naissance de l'Université « humboldtienne » allemande est, notamment, bien documentée (voir Nye, 2011). Pour les États-Unis, l'histoire de la mise en place d'un financement fédéral de la recherche est décrit par Daniels (1971), Guston (2000), Greenberg (2001). Enfin, l'institutionnalisation de l'effort de recherche en France, passant en partie par la naissance du CNRS, est détaillée par Guthleben (2009).

L'auteur note ensuite qu' « à une conférence à Chicago en 1950, Michael Polanyi évoqua ces colloques hebdomadaires comme “le souvenir le plus glorieux de [sa] vie intellectuelle” » (p. 50). L'image de ces scientifiques indépendants, discutant librement de sujets qui les préoccupent personnellement, a très certainement nourri la pensée d'auteurs qui, comme Polanyi, ont vigoureusement défendu l'idéal d'autonomie de la science.

Le message que veut nous transmettre ce premier type de discours est donc le suivant : l'individu doit être le bénéficiaire prioritaire de toute autonomie accordée à la science. Il s'agit de centrer la réflexion sur la figure singulière du chercheur, conscience libre à même de briser le carcan des conventions intellectuelles. Le physicien théoricien est l'archétype de ce savant indépendant, seul capable d'orienter la recherche dans des directions fécondes. Plusieurs questions surgissent après analyse de ces arguments. En premier lieu, il est légitime d'interroger l'étendue de la confiance qui est accordée à l'individu pour maximiser la diversité épistémique de l'enquête. Est-il vraiment pertinent de prôner un financement aveugle de la recherche au seul motif que ses avancées dépendent de rares esprits non-conformistes ? Un contradicteur pourrait facilement observer que les chercheurs tendent spontanément à se regrouper autour de sujets et d'approches à la mode et que, réciproquement, les génies authentiques trouvent toujours le moyen de s'aventurer sur le chemin de leur choix. Il pourrait même rappeler que si Einstein et Planck étaient effectivement autonomes, c'est tout simplement qu'ils n'avaient la plupart du temps pas de financement institutionnel pour leur recherche²¹. Rendre le financement sur projet, voire le principe même de l'évaluation par les pairs responsable d'un manque de créativité, c'est donc faire un sort un peu rapide à la question du conservatisme en science. Cette piste de réflexion, que nous laissons de côté pour le moment, appelle l'ouverture de la question de l'autonomie à la communauté scientifique dans son ensemble. C'est précisément l'objet du second type d'argumentaire que nous recensons dans notre typologie.

I.2.2 Auto-gouvernance du champ scientifique

Le premier type de discours que nous avons analysé pense l'autonomie à l'échelle de l'individu. Un système de gouvernance épistémiquement satisfaisant se doit de limiter tous les types de contraintes

²¹Rappelons par exemple qu'Einstein était employé au bureau des brevets à Berne lorsqu'il élaborait sa théorie de la relativité restreinte.

(internes et externes) pesant sur la figure singulière du chercheur, dont la *créativité* est le moteur du progrès des connaissances. Cette première ligne argumentative est prolongée par un second type de discours, portant la défense de l'autonomie et de la liberté de recherche à l'échelle de la communauté scientifique. Il s'agit ici d'appuyer un principe d'*auto-gouvernance* (dans le sens d'un libre choix des orientations de la recherche) du champ scientifique dans son ensemble. En conséquence, ce type de discours concentre sa critique sur les contraintes externes (sociales, politiques, économiques) auxquelles l'enquête tend à être soumise. Plus précisément, il dénonce explicitement le spectre de la *finalisation*, ou de l'*orientation* de la recherche, sur la base d'arguments d'ordre épistémologique, dont le plus classique utilise l'idée d'imprévisibilité de l'enquête.

I.2.2.1 La crainte d'une finalisation externe de l'enquête

Les argumentaires prônant un principe d'autonomie du champ scientifique s'adossent classiquement à la défense d'une recherche fondamentale menée pour elle-même, contre une science censée résoudre des problèmes concrets identifiés par les sphères politiques ou économiques. Même si les arguments utilisés ici sont souvent anciens, ils acquièrent aujourd'hui un regain d'intérêt face à ce qui est décrit comme une tendance invasive à la finalisation et à l'orientation externe de l'enquête. Cette opposition entre une recherche libre (associée aux concepts d'autonomie et d'auto-régulation) et une recherche finalisée est clairement établie dans un grand nombre de textes, émanant de scientifiques, de sociologues, ou de politologues. Ainsi, Calvert juge-t-elle que

dans l'histoire du financement de la recherche fondamentale des années 1950 jusqu'aux années 2000, on est passé de l'idée que les scientifiques doivent être des chercheurs de vérité autonomes (*autonomous truth seekers*) à l'idée selon laquelle ils doivent orienter leur travail vers des objectifs sociaux et économiques. Dit simplement, il y a eu un déclin de l'autonomie et une croissance de la responsabilité (*accountability*) (Calvert et Martin, 2001, p. 2).

La question de l'autonomie cristallise donc la crainte de voir les scientifiques devenir les otages de préoccupations utilitaires les éloignant de leurs objectifs propres. C'est cette même crainte qu'exprime le Président de l'Organisation Néerlandaise pour la Recherche Scientifique (NWO) :

Le système européen de financement de la recherche a longtemps été dirigé par les scientifiques pour le bénéfice propre de la science. Alors que ce système d'auto-gouvernance a été fructueux par le passé, les politiques tendant de plus en plus à penser qu'il échoue dans sa mission de contribution au développement de l'industrie et à la résolution des problèmes sociétaux (van Duinen, 1998, p. 381).

En d'autres termes, alors que les institutions ont été pensées pour garantir l'autonomie de la sphère scientifique, cette dernière est aujourd'hui sommée de participer activement à la vie publique. En conséquence, « les systèmes de financement nationaux de la recherche sont mis sous pression par les gouvernements afin d'aligner leurs objectifs propres sur les exigences de bien-être et de prospérité économique » (*Id.*). Dans ce cadre, comme le notait récemment le rapport rédigé par un groupe d'universitaires australiens dans le but de défendre le maintien d'une recherche fondamentale autonome, « il n'est pas surprenant que des questions émergent à propos de l'efficacité du financement de la recherche fondamentale. Pourquoi soutenir des recherches menées par la curiosité quand il y a tant de problèmes déjà identifiés qui pourraient, en étant résolus, avoir d'importantes retombées commerciales et économiques ? » (Collectif, 2014, p. 2). Or, contre cette dérive utilitariste, il semble que « les scientifiques gardent une forte croyance en la valeur du système d'auto-gouvernance. Ils sentent que les motifs utilitaristes de financement de la science tendent à compromettre la qualité de la recherche et à affecter l'intégrité de l'entreprise scientifique » (van Duinen, 1998, p. 383). Ainsi, peut-on trouver formulée, dans l'avis sur les « aspects éthiques du financement public de la recherche sur projet », adopté le 28 juin 2010 par le comité d'éthique du CNRS, l'idée que « peut apparaître une tension entre les impératifs des programmes et les principes qui gouvernent la recherche scientifique, notamment les principes d'autonomie et d'évaluation des orientations de la recherche par les pairs » (Comets, 2010, p. 3).

Cette section recense les principaux arguments utilisés pour défendre cette confiance accordée à l'autonomie de la communauté scientifique comme principe garantissant la qualité épistémique du savoir qu'elle produit. Dans un premier temps, nous tâcherons de penser les formes que peut prendre une telle autonomie *collective* – pouvant s'opposer à l'autonomie individuelle défendue dans le premier type de discours. Nous présenterons ensuite l'argument central des discours pro-autonomie, basé sur la notion d'imprévisibilité des résultats de l'enquête. Enfin, nous préciserons la nature des adversaires (l'utilitarisme et la politisation de la science) contre lesquels se dresse ce deuxième type de discours.

I.2.2.2 Autonomie et auto-organisation

Une première manière de penser cette autonomie découle directement du discours précédent. Elle consiste à décrire la communauté scientifique idéale comme un ensemble auto-organisé d'individus libres. Un principe d'autonomie doit donc permettre de délimiter un espace garantissant leur

interaction sans contraintes. Cette idée est explicitement formulée, en 1945, dans le fameux rapport rédigé par Vannevar Bush²², *Science, the Endless Frontier* :

Le progrès scientifique résulte du jeu libre d'esprits libres, travaillant sur des sujets de leur choix, guidés par leur curiosité pour l'exploration de l'inconnu. La liberté de recherche doit être préservée dans tous les plans de financement gouvernemental de la science (Bush, 1945, p. 13).

Dans cette optique, définir une forme de liberté de recherche individuelle est le meilleur moyen d'organiser l'effort épistémique collectif. Pour Wilholt, cette position plonge ses racines dans la longue histoire des combats pour la *liberté de philosopher*²³. En particulier, il note, avec Mill, que la notion de critique mutuelle peut servir à justifier la valeur épistémique d'un espace de libre discussion²⁴.

Cependant, entre la reconnaissance de la nécessité de garantir un espace de libre discussion et la revendication d'une autonomie dans le choix des objectifs de la science, il y a un pas qu'il faut encore franchir. Les travaux de Michael Polanyi sur l'organisation du champ scientifique constituent l'une des tentatives les plus abouties pour opérer ce passage. L'idée de base sous-tendant son argumentaire repose sur l'hypothèse suivante : il est épistémiquement plus efficace de laisser le système formé par la communauté scientifique s'auto-organiser autour de sujets de son choix, discutés dans un espace transparent et collaboratif. Un exemple développé dans son article classique « The Republic of Science » (1962) permet d'illustrer cette thèse :

Imaginez que l'on vous offre les pièces d'un gigantesque puzzle et supposez que, pour une raison quelconque, il est crucial que ce puzzle soit assemblé le plus rapidement possible. Nous tenterons naturellement d'accélérer la réalisation de cette tâche en engageant un grand nombre d'individus. Le problème est de savoir comment cette aide doit être employée. Supposez tout d'abord que nous partageons les pièces à parts égales entre les assistants et que nous les laissons travailler séparément. Il est aisé de constater que cette méthode est totalement inefficace dans ce

²²Ingénieur américain chargé par Truman, en 1945, de rédiger un rapport sur l'organisation de la science dans l'après-guerre. Ce texte, sur la postérité duquel nous aurons l'occasion de revenir, est devenu un classique des débats sur la gouvernance des sciences. Il peut être considéré comme l'un des archétypes des positions différentiationnistes telles que définies par Shinn et Ragouet (2005).

²³Ces combats reposent notamment sur l'idée selon laquelle « un principe de liberté de recherche crée les conditions optimales pour notre recherche collective du savoir » (Wilholt, 2010, p. 175). Différentes versions de cette thèse ont déjà été avancées par nombre de philosophes, « dont Campanella, Descartes, Milton et Spinoza » (*Ibid.*, p. 175).

²⁴« Même une personne fortement réfractaire à admettre la fausseté de son opinion peut être convaincue par l'idée que, malgré sa véracité, si celle-ci n'est pas complètement, fréquemment et courageusement discutée, elle deviendra un dogme mort et non pas une vérité vivante » (Mill, 1991, p. 26).

cas là, puisqu'un petit nombre de pièces pourront être assemblées dans chaque lot (...). L'unique manière, pour les protagonistes, de coopérer efficacement est de les laisser travailler en assemblant les pièces en face les uns des autres, de façon à ce qu'à chaque fois qu'une pièce est placée par l'un d'eux, tous les autres voient quelle sera l'étape suivante. Avec cette règle, tous les participants agiront de leur propre initiative, en se basant sur les derniers résultats atteints par les autres et la réalisation de leur tâche commune sera grandement facilitée. Nous avons donc ici un exemple de la manière dont un ensemble d'initiatives indépendantes s'organisent en s'ajustant mutuellement à chaque étape (Polanyi, 1962, p. 55).

Ce long extrait permet de mettre au jour les présupposés épistémiques et métaphysiques entourant la conception de l'autonomie développée par Polanyi. Celle-ci combine une intuition moniste concernant la structure de la réalité et une croyance très forte en l'unité de la science, dont le but est de fournir une image homogène du monde extérieur. Le deuxième point fort de l'argumentation a trait à la notion de collaboration. Polanyi considère le progrès scientifique comme le fruit de la libre collaboration d'individus dont les objectifs convergent. Étant engagés dans une tâche commune, dont chacun a intérêt à promouvoir la réalisation, ils entretiennent une relation d'inter-dépendance qui tend à maximiser l'efficacité de l'enquête. Cette collaboration dépend donc de la possibilité qui est laissée au champ scientifique de définir et de suivre ses propres objectifs sans subir de pressions externes. À cette condition, les volontés individuelles s'agencent spontanément, de manière à construire une vision cohérente du monde. Il est important de constater que cette dynamique de critique mutuelle se met en place si tous partagent cette volonté implicite de rechercher le vrai. Nous retrouvons donc ici le thème de l'attraction individuelle pour la connaissance, qui sert finalement de base à la justification de l'autonomie institutionnelle : c'est parce que tous les membres de la communauté scientifique partagent un même objectif général qu'un principe d'auto-gouvernance est pensable et fécond. Nye note d'ailleurs très justement que la foi, quasi religieuse, dans « la transcendance et l'universalisme de la pensée scientifique » est au cœur de l'épistémologie de Polanyi (Nye, 2011, p. 21). L'adhésion à ces principes de base est la condition *sine qua non* de la réussite de la collaboration scientifique et constitue donc une hypothèse centrale de ses thèses sur l'autonomie. Comme le rappelle Mirowski, Polanyi dénonce la conception impersonnelle de la science développée par la tradition positiviste et énonce clairement la nécessité, pour défendre la liberté de la science, de mettre en avant la passion subjective pour le savoir. C'est dans cet esprit qu'il écrit, en 1940, que « la liberté de la science ne peut pas être défendue aujourd'hui sur la base d'une conception positiviste de la science (...). Le totalitarisme est un débouché bien plus adéquate que la société

libre pour un tel programme » (Polanyi, 1975 [1940], p. 64)²⁵. Polanyi pose donc, comme fondement de l'autonomie collective du champ scientifique, une forme d'attraction individuelle, naturelle (et affective) pour le savoir.

Comment bâtir sur cette base une défense solide de la valeur épistémique de l'auto-gouvernance du champ scientifique ? Les arguments de Polanyi prennent tout leur sens si l'on considère leur lien explicite avec les fondements théoriques de l'économie libérale. Il s'agit en effet pour lui, comme le rappelle Mirowski, d'« expliquer l'efficacité de la libre enquête en science en la comparant aux opérations du libre marché » (Mirowski, 1997., p. 128). Ce programme est explicite dans « The Republic of Science » :

La communauté scientifique (...) travaille selon des principes économiques similaires à ceux régulant la production de bien matériels (...). Sa coordination est guidée par une “main invisible”, qui la conduit à la découverte collective des secrets de la nature (Polanyi, 1962, p. 54-55).

Polanyi précise que la mise en circulation des résultats scientifiques joue le même rôle que le système des prix dans la sphère économique (*Id.*, p. 52) : ils servent de médiateurs à l'ajustement mutuel des activités individuelles. De même que les acteurs économiques fondent leurs décisions sur les valeurs marchandes, les scientifiques prennent en compte les travaux publiés pour diriger leur recherche. Dans ce cadre, la théorie classique de la *main invisible*, héritée d'Adam Smith, est une référence clé²⁶. Il n'est donc pas étonnant que celle-ci soit mobilisée par d'autres auteurs, adoptant une position proche de celle de Polanyi. Pour prendre un exemple récent, Braben l'utilise explicitement pour défendre sa conception de l'autonomie scientifique basée sur la liberté individuelle :

Mon interprétation des thèses de Smith est que les individus doivent être libres de former leurs propres jugements (...) et de faire tout ce qu'ils pensent nécessaires pour faire fructifier leurs idées (...). Mon idée est que la force guidant la main

²⁵En conséquence, si le moteur individuel n'est plus (uniquement) la recherche du vrai, mais, par exemple, la volonté de réaliser une découverte lucrative ou de faire avancer sa carrière, l'argument de Polanyi devient plus épineux. En effet, l'autonomie ne garantit plus alors immédiatement, si l'on s'en tient au cadre défini par le philosophe, l'optimisation de la dynamique de collaboration. Nous reviendrons sur cette objection dans la suite de notre propos.

²⁶L'utilisation de la métaphore de la main invisible chez Polanyi a été bien étudiée dans la littérature. On pourra se référer, par exemple, à Nye (2011), p. 176 et à Mirowski (1997). Ces auteurs mettent notamment en avant les liens de Polanyi avec les théoriciens du libéralisme de son temps, notamment Hayek, avec qui il partage la tendance à « passer librement de la théorie économique à la théorie de la connaissance » (Nye, 2011, p. 177).

invisible de Smith est la créativité. Quand la majorité des chercheurs, voire tous, étaient libres d'explorer, la main invisible pouvait opérer. La croissance économique était alors encouragée, même si ce n'était pas l'intention originale des scientifiques (Braben, 2008, p. 23).

La communauté scientifique idéale est donc perçue comme un système auto-régulé, produisant des connaissances grâce à la libre coopération des individus. Braben s'arrête ici à l'échelle du chercheur singulier, servant de point d'ancrage à sa conception de l'autonomie scientifique. Polanyi propose quant à lui une vision plus large, qui fait sens au sein d'une véritable *logique de la liberté*, pour reprendre le titre de son ouvrage de 1951 (Polanyi, 1989) [1951]. Dans la préface à la traduction française, Nemo décrit d'ailleurs Polanyi comme l'un des premiers penseurs de la philosophie du libéralisme. Le problème de Polanyi est de justifier le fait que l'agencement des libertés individuelles puisse créer « un Ordre, et même une Pensée, supérieurs » (Polanyi, 1989 [1951], p. 13). Pour ce faire, il élabore une opposition entre les ordres *monocentrique* et *polycentrique*. Le premier tend à être hiérarchisé de manière autoritaire, alors que le second met en valeur la coordination d'éléments indépendants. L'argument de Polanyi consiste à remarquer qu'un système complexe et imprévisible est bien mieux géré dans ce dernier cas. Face à un flux important d'évènements (comme c'est le cas en science, où les découvertes s'enchaînent, et en économie, où les prix fluctuent), un ordre polycentrique permet de faire fructifier l'émergence de nouveauté. L'apport de Polanyi est de proposer des démonstrations formelles de cette thèse²⁷, ce qui lui permet de suggérer qu'il est impératif de garantir au champ scientifique une autonomie telle que les individus puissent constituer autant de *centres* de décision et d'échange d'informations. Dans un système évolutif comme la science, la souplesse nécessaire à la gestion du nouveau, de l'imprévu, est optimisée si chacun peut « choisir librement les problèmes qu'il traite et les poursuivre à la lumière de son propre jugement » (Polanyi, 1989 [1951], p. 54). C'est conformément à cette idée que Polanyi définit la « liberté académique » comme « le droit pour chacun de choisir son propre sujet de recherche, de conduire ses recherches sans contrôle extérieur et d'enseigner à la lumière de ses propres opinions » (Polanyi, 1989 [1951], p. 63). Réciproquement, toute forme de *planification*, de *finalisation*, d'*orientation* de la science imposée de

²⁷Nous n'entrerons pas ici dans le détail de la théorie des ordres polycentriques. Nemo en propose une lumineuse présentation dans sa préface à la *Logique de la Liberté*. Il met notamment en avant le fait que « l'argument [de Polanyi] consiste à mesurer la complexité d'un système et sa capacité à gérer un flux d'évènements nouveaux et aléatoires par la cadence des relations bilatérales d'élément à élément pouvant être régulées par unité de temps en fonction des changements survenus. On constate alors la supériorité quantitative écrasante, à cet égard, des ordres spontanés sur les ordres autoritaires » (Polanyi, 1989 [1951], p. 14).

l'extérieur est absurde. Pour Polanyi, elle est logiquement impossible²⁸. Polanyi rejoint ainsi la cohorte des opposants à une ingérence externe (à quelques degrés que ce soit) dans les directions prises par la science. La mobilisation d'une opposition entre des ordres polycentrique et monocentrique place, au centre de la justification offerte par Polanyi, la notion d'imprévisibilité. C'est parce que le processus de recherche est fortement erratique que tout guidage (autre que celui défini par le cadre très lâche de la quête du vrai) est impossible. Cet *argument d'imprévisibilité* est un argument clé pour la défense d'un principe d'auto-gouvernance du champ scientifique. Examinons de plus près la manière dont il est construit et utilisé.

I.2.2.3 L'argument d'imprévisibilité

La forme générale de l'argument est la suivante : puisque les résultats de la science sont imprévisibles, puisque « par définition, on ne peut planifier les découvertes majeures » (Ben-Ari, 2016), alors tout système de gouvernance se fondant sur les conséquences possibles d'une recherche pêche au mieux par grande naïveté, ou dénote, au pire, une volonté de museler l'avancée inexorable du savoir. Un grand erreur serait donc de croire possible une programmation de la science, comme le notait en 2003 Pierre Joliot²⁹ :

Comme dans le cas du cancer, notre impuissance devant de nouveaux fléaux tels que le sida ou la maladie de la vache folle traduit essentiellement un déficit de nos connaissances en biologie que des recherches trop ciblées seront impuissantes à combler (...). L'histoire de la science montre que les découvertes ayant conduit aux progrès technologiques les plus spectaculaires sont le fruit de recherches motivées par le seul progrès des connaissances et dont personne ne pouvait soupçonner à priori les conséquences pratiques (...) Il s'agit là d'une évidence reconnue par les découvreurs mais qui reste inaccessible aux décideurs qui, à travers la programmation, gardent l'illusion d'exercer un contrôle sur le devenir de la science (Joliot, 2003, p. 32).

Il s'agit donc, pour des scientifiques reconnus comme Pierre Joliot, de dénoncer une imposture, celle selon laquelle il serait possible d'exercer une certaine forme de contrôle sur le devenir de la

²⁸Il serait aussi impossible de planifier les résultats de la recherche qu'il est « impossible à un chat de traverser l'Atlantique à la nage » (Polanyi, 1989 [1951], p. 15).

²⁹Professeur honoraire au Collège de France, membre de l'Académie des Sciences.

science. Les décideurs, ingénument, nuiraient à ses progrès en développant des recherches *ciblées*³⁰.

Les arguments de ce type sont nombreux. Selon les auteurs et les époques, sont condamnées la « finalisation », la « programmation », l'« orientation », ou encore la « planification » – termes donc il sera nécessaire de démêler les significations. L'imprévisibilité inhérente au processus de recherche serait alors un obstacle indépasseable sur lequel viendraient buter toute politique de recherche trop rigide et autoritaire, cherchant à finaliser ou programmer la science de l'extérieur. Certains auteurs utilisent, pour traduire cette idée, le concept de *sérendipité* – désignant, très grossièrement, l'art de trouver ce que l'on ne cherchait pas (Catellin, 2014). Ainsi le comité d'éthique du CNRS vante-t-il les mérites de « la découverte heureuse et fortuite (sérendipité), qui réclame risque, créativité et curiosité » (Comets, 2010, p. 6). Arthur Kornberg, prix Nobel de médecine 1959, place la sérendipité au cœur du processus de découverte scientifique³¹ et en fait un argument général en faveur d'une science fondamentale libre. De manière plus générale, S. Catellin, dans un ouvrage récent, remarque que « la sérendipité devient chez les scientifiques un argument-clé qui leur permet d'affirmer leur besoin de liberté (...). Les discours sont focalisés sur la nécessité d'organiser un espace de recherche libre, non contrôlé, car les grandes découvertes ne sont pas planifiables. Et dans ce débat, la sérendipité représente (...) un argument-clé » (Catellin, 2014, p. 137). En mettant en évidence le caractère sérendipien des découvertes majeures, on cherche à montrer que « la recherche ne peut pas être orientée et [que] la détermination du programme de la recherche scientifique [doit] rester dans les mains de la communauté scientifique » (de Oliveira, 2014, p. 141).

Cette notion générique d'imprévisibilité est souvent élevée au rang d'évidence historique. L'histoire des sciences était alors prise à témoin pour montrer que les grandes découvertes surviennent la plupart du temps de manière inattendue et qu'elles continueront inmanquablement à l'être. L'im-

³⁰Le thème de l'imposture est explicite dans un article publié sur Médiapart par le biologiste Aucouturier en 2011 à propos des Plans Cancer (<http://blogs.mediapart.fr/edition/au-coeur-de-la-recherche/article/201011/plan-cancer-plan-alzheimer-la-recherche-en-souf> (consulté le 2 septembre 2018)) : « Les Plans Cancer (...) comportent plusieurs aspects. Certains concernent l'encadrement des soins et ce n'est pas la question ici. Côté recherche, en revanche, il y a une imposture qu'il faut dénoncer. Cette imposture, c'est l'idée que pour vaincre le cancer, il faudrait concentrer les moyens sur le développement d'une recherche finalisée. On sait pourtant depuis bien longtemps que la recherche n'avance pas linéairement, que les découvertes décisives surviennent le plus souvent de façon inattendue au cours de l'exploration de terrain nouveaux et de thèmes audacieux et risqués » (Aucouturier et Monthubert, 2011).

³¹<http://www.rockefeller.edu/pubinfo/Pasteur/Kornberg/essay.html> (consulté le 2 septembre 2018).

prévisibilité devient ainsi une propriété *nécessaire*³² de l'enquête, qui est opposée aux notions de science finalisée, orientée ou dirigée. Dans leur article publié en 2010 dans Médiapart, portant le titre éloquent de « Chercher sans finaliser, c'est fondamental³³ » (Aucouturier et Leichtnam, 2010), le biologiste Aucouturier et le mathématicien Leichtnam évoquent ainsi, parmi des « exemples innombrables », la relativité générale, la magnéto-résistance géante, la pénicilline, les polynômes de Jones, dans le but d'illustrer l'idée selon laquelle « ce n'est généralement pas ce qu'on cherche que l'on trouve » et qu'en conséquence, « à vouloir trop prévoir ce que l'on va trouver, on trouve rarement quelque chose ».

La force de cet argument repose en réalité sur un lien implicite associant la notion générale d'imprévisibilité des résultats de la science et la nécessité épistémique de lui assurer une large autonomie. Cette articulation est souvent réalisée de manière intuitive et passe ainsi pour évidente. Un passage célèbre de « The Republic of Science » illustre bien cette mécanique. Polanyi y affirme que

la science ne peut avancer que par étapes imprévisibles, en poursuivant ses propres problèmes et les bénéfiques pratiques de ces avancées seront indirects et donc doublement imprévisibles. Toute tentative de diriger la recherche vers des objectifs autres que les siens propres constitue une tentative de la détourner de l'entreprise d'avancement de la science. Vous pouvez tuer ou mutiler l'avancée de la science, mais vous ne pouvez pas la façonner (Polanyi, 1962, p. 62).

Puisque la science, et *a fortiori* les inventions qui en découlent, se déploient par étapes imprévisibles, il ne faut pas la diriger vers des objectifs autres que les siens propres. Cette articulation n'est en réalité pas aussi évidente que Polanyi nous la présente. Elle nécessite en effet de supposer qu'une science autonome du point de vue de ses objectifs est plus à même de promouvoir et de gérer l'inattendu. Cette affirmation se heurte immédiatement à un paradoxe : si les résultats de la science sont réellement imprévisibles, il n'y a pas de raison qu'une direction de recherche fixée de manière externe soit moins féconde qu'une piste ouverte par la curiosité des scientifiques. Cet obstacle argumentatif n'est que rarement pris en compte ; entre autres, il ne semble pas embarrasser

³²Ce caractère nécessaire de l'imprévisibilité des découvertes est, par exemple, très clairement exprimé par V. Bush (1945) lorsqu'il affirme que « les découvertes pertinentes pour les progrès médicaux sont souvent venues de sources isolées et inattendues et il est certain que cela restera vrai dans le futur. Il est hautement probable que les progrès dans le traitement des maladies cardiovasculaires, des maladies rénales, du cancer et des autres maladies réfractaires viendront de découvertes fondamentales faites dans des sujets étrangers à ces maladies et sans doute entièrement inattendus pour les chercheurs » (Bush, 1945, p. 15-16).

³³[http :www.sauvonsluniversite.com/spip. php ?article3746](http://www.sauvonsluniversite.com/spip.php?article3746) (consulté le 2 septembre 2018).

Cadogan lorsqu'il remarque qu'

il est plus confortable, pour nos bailleurs de fonds, de mettre en place des programmes liés à l'énergie, la santé, les matériaux, le changement climatique, l'économie à l'hydrogène, plutôt que de mettre à disposition des scientifiques de l'argent pour qu'ils puissent suivre leur curiosité dans leur propre discipline (Cadogan, 2014, p. 2).

Si les découvertes majeures émergent d'où on ne les attend pas, quelle différence épistémique peut-on faire entre des programmes imposés de l'extérieur et les directions de recherche choisies par les scientifiques ? Utiliser la notion d'imprévisibilité pour défendre l'autonomie contre la finalisation demande donc de traiter ce paradoxe avec attention. Deux types de réponse sont envisageables dans le cadre d'un discours défendant l'autonomie de la science.

On peut supposer, dans un premier temps, qu'une science libre est plus à même de *générer* de l'inattendu. Cette hypothèse se retrouve dans un grand nombre de discours, sous la forme suivante : la diversification des pistes empruntées par l'enquête augmente la probabilité d'obtenir un résultat sortant des cadres théoriques en vigueur ; la finalisation tend à créer des effets de mode qui diminuent la richesse épistémique de la recherche ; l'exploration libre de l'inconnu, au contraire, dynamise l'activité scientifique. Autrement dit, la présence de contraintes externes empêcherait le sondage de nouveaux domaines et stériliserait l'enquête. Joliot affirme ainsi que « la programmation renforce les effets de mode qui consistent à sacrifier certains domaines de la recherche considérés comme dépassés au profit de sciences dites en émergence » (Joliot, 2003, p. 32). À l'inverse, une « exploration libre aux frontières des connaissances peut ouvrir des voies encore inconnues et provoquer de nouvelles ruptures dans l'enchaînement des découvertes » nous dit Cognart (2003)³⁴ (p. 186). Toute contrainte externe sur les objectifs de la science est donc vue comme inhibant son avancement³⁵, en faisant la part belle au conformisme, là où le non-conformisme doit être de mise. C'est également la position du Comité d'éthique du CNRS, pour lequel les chercheurs, en répondant aux appels à projets, « pourraient avoir la tentation de proposer des voies de recherche sans risque ». Il ajoute que « cette attitude laisse peu de chance à la découverte heureuse et fortuite (sérendipité) qui réclame au contraire risque, créativité et curiosité » (Comets, 2010, p. 6). Toutes ces affirmations tendent à opposer une recherche autonome, basée sur des financements récurrents, qui stimulerait l'exploration

³⁴Ancien directeur de la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique.

³⁵Cadogan le revendique explicitement en ces termes : « être contraint par les frontières d'un programme dirigé peut être anti-catalytique, voire même inhibant » (Cadogan, 2014, p. 3).

de pistes nouvelles et une recherche basée sur un choix, en amont, des projets à traiter, qui rendrait la science routinière et non créative.

En utilisant la notion de faillibilité, qu'il emprunte à Mill, Wilholt propose une autre formulation de ce même argument :

Tous les jugements *a priori* à propos de la fécondité des projets de recherche sont faillibles. Il n'est pas possible de prévoir si les projets qui ne sont pas considérés, pour le moment, comme pertinents, ne se révéleront pas révolutionnaires par la suite. Donc, les scientifiques doivent choisir leurs projets librement, de telle manière que des approches diverses soient poursuivies (Wilholt, 2010, p. 175).

Cette présentation de l'argument pro-autonomie basée sur la notion d'imprévisibilité permet de faire surgir les hypothèses d'arrière plan qui le sous-tendent. Principalement, il apparaît que l'argument établit un lien implicite entre la liberté de recherche et la diversité des voies explorées : si une science autonome est plus à même de promouvoir les découvertes inattendues, c'est qu'elle stimule une forme de diversité épistémique. On peut certes admettre, de manière intuitive, que l'imprévisibilité des résultats justifie le maintien d'une certaine diversité de l'enquête : si l'on ne sait pas à l'avance quelle piste (projet, méthode, protocole expérimental...) sera fructueuse, il semble préférable de maintenir vivantes un grand nombre de directions de recherche. Par contre, le passage de cette observation à la défense de l'autonomie pose plus de questions. Qu'est-ce qui garantit qu'à l'échelle de la communauté scientifique, l'autonomie optimise la diversité épistémique ? Rappelons que certains discours, décrits dans la section précédente, limitent leur défense de la liberté de recherche à l'individu et vont même jusqu'à condamner, parfois, la censure inévitablement exercée lors du processus d'évaluation par les pairs. Ainsi, si l'on considère l'autonomie à l'échelle de la communauté scientifique, on ne peut éviter de se confronter à la question suivante, simple dans sa formulation, mais pourtant redoutable : qui est le sujet de cette liberté ? Comme le note Wilholt, il semble en effet que l'argument d'imprévisibilité ne soit en fait plausible que pour défendre une liberté *individuelle* (Wilholt et Glimell, 2011, p. 353 ; Wilholt, 2010, p. 176³⁶). La question de l'organisation de la communauté scientifique rajoute un degré de complexité, en introduisant des

³⁶Ce point est défendu par Wilholt en ces termes : « L'affirmation selon laquelle un principe de liberté de recherche mène à une diversité cognitive épistémiquement avantageuse est basée sur la capacité des chercheurs (ou des groupes de recherche) à faire un choix reflétant leur savoir local et leur mérite individuel. Cela signifie que cet argument peut seulement supporter un principe de liberté de recherche individuel (...). Cet argument ne peut pas être utilisé pour justifier l'idée que les décisions scientifiques doivent être prises quelque part au sein des disciplines ou de la communauté scientifique dans son ensemble » (Wilholt, 2010, p. 176-177).

pressions, internes cette fois, sur le créativité individuelle. Ainsi, les effets de mode en science n'ont sans doute pas attendu l'avènement d'une recherche sur projets pour se manifester. Cet argument devra donc être réexaminé sur la base de considérations plus fouillées ayant trait à la division du travail cognitif au sein du champ scientifique dans son ensemble (voir chapitre III).

Une deuxième stratégie envisageable pour lier imprévisibilité et autonomie s'intéresse à la manière dont l'imprévu est *géré*, utilisé pour donner naissance à de nouvelles directions de recherche. Cette ligne argumentative se retrouve, d'une manière formelle, dans la défense du libéralisme telle qu'elle est menée par Polanyi. L'idée est que toute contrainte externe diminue la flexibilité du système (économique ou scientifique) et donc ses facultés d'adaptation. La notion d'ordre polycentrique n'est pas loin : pour affronter le hasard, l'incertitude liés à l'ignorance qui est la nôtre, il faut maximiser la réactivité de la communauté scientifique. Pour Polanyi, comme nous l'avons souligné précédemment, cela passe par l'établissement d'un espace de recherche où collaborent des individus qui, tout en choisissant en autonomie les objectifs de leur recherche, tendent vers le même but : la connaissance du monde qui nous entoure. Chercher à gérer de l'extérieur ce système auto-coordonné reviendrait à tenter de « conduire d'une seule main une machine dont le fonctionnement requiert l'emploi simultané de plusieurs milliers de leviers » (Polanyi, 1989 [1951], p. 119). Ces milliers de leviers, ce sont toutes les directions de recherche envisageables à un instant t . Seule la connaissance de l'ensemble des résultats scientifiques disponibles à cet instant, et de leurs relations mutuelles, pourrait permettre de diriger la recherche ; évidemment, aucune instance extérieure n'est suffisamment bien informée pour tenir ce rôle. Les directions de l'enquête doivent donc être laissées libres de fluctuer au gré des résultats obtenus ³⁷. D'une manière beaucoup moins formelle, ce type d'argument se retrouve dans l'idée, souvent évoquée, que la finalisation est nocive car elle ne permet pas d'exploiter l'inattendu. C'est par exemple l'avis de Cognart :

La recherche fondamentale ne se prête à aucune forme de programmation (...). Un chercheur doit être prêt, à tout moment, à infléchir sa ligne de recherche pour exploiter un fait inattendu. Bien que ce fait inattendu se révèle le plus souvent le fruit d'une erreur expérimentale, le refus d'approfondir le phénomène qui apparaît comme un élément perturbant le bon déroulement de son expérience, conduit le chercheur à passer à côté de découvertes potentielles. Toute programmation, impo-

³⁷Notons que cette idée repose sur une théorie similaire à celle qu'utilisent certains économistes libéraux contemporains de Polanyi, notamment Hayek, pour défendre la nécessité de laisser les prix fluctuer librement. Ces derniers portent une information sur l'état du marché qu'aucune administration planificatrice ne peut espérer atteindre. Toute intervention sur l'économie est donc nécessairement contre-productive.

sée de l'extérieur ou que le chercheur s'impose sous prétexte d'efficacité, conduit à se réfugier dans le cocon protecteur d'une recherche dont le but ultime se limite à confirmer et non à innover (Cognart, 2003, p. 31).

Cet argument souligne donc la nécessité de profiter de conditions matérielles permettant de changer la direction de sa recherche si un fait inattendu survient : une science qui serait, à un certain degré, finalisée, serait donc épistémiquement moins féconde, puisque dans l'incapacité de fournir au processus de recherche la souplesse dont il a besoin.

Mais comment comprendre, précisément, cette notion de programmation ? Pour progresser dans la compréhension de cet argument, nous devons clarifier ce que les auteurs en question entendent par finalisation, orientation ou programmation. Deux thèmes se retrouvent souvent : la crainte de la pression exercée par des programmes de recherche politiquement définis (assimilée à une politisation de la science) et la dénonciation d'un certain utilitarisme.

I.2.2.4 La crainte d'une politisation de la science

Dans ce premier cas, les auteurs insistent sur le lien entre autonomie de la science et démocratie. L'idée générale est que l'exercice de la démocratie requiert que les citoyens soient suffisamment informés afin de pouvoir juger l'action politique de manière constructive, et élaborer un avis éclairé à son sujet³⁸. Dans ce cadre, il est nécessaire de reconnaître une forme de liberté de recherche à l'échelle individuelle, afin que chacun puisse obtenir les informations qu'il juge utile. Comme le notent Brown et Guston (2005), « si les citoyens n'étaient pas libres de conduire ces recherches, l'action de voter, par exemple, serait aussi inutile que s'il n'y avait qu'un seul candidat en lice » (p. 11). Cette considération a conduit les démocraties contemporaines à garantir un principe de liberté de la science³⁹, le plus souvent associé à d'autres droits fondamentaux, telle que la liberté d'expression et la liberté de conscience (Hermitte, 2001, p. 60). Comment passer de l'affirmation de cette

³⁸On pourra se référer, par exemple, à Brown et Guston (2005) : « la démocratie requiert des citoyens qu'ils soient informés sur un grand nombre de sujets, incluant ceux qui sont liés à la compréhension du jeu politique (par exemple, qui sont mes représentants et quels actions ont-ils entrepris en mon nom ?), ceux liés à la formation de mes préférences (par exemple, quelles possibilités me sont offertes ?) et ceux liés au jugement de l'activité du gouvernement (par exemple, quelle est la relation entre les actions qu'ont réalisées mes représentants en mon nom et mon avis quant à la manière dont les choses devraient être ?) » (p. 10-11).

³⁹Ovcearenco note ainsi que « la liberté de la science ne possède pas seulement une dimension morale grâce aux philosophes et aux scientifiques. En fait, elle vaut aussi dans le droit positif car elle est respectée dans les États démocratiques et même garantie constitutionnellement dans quelques États, qui sont membres de la Convention européenne des Droits de l'Homme » (Ovcearenco, 2004, p. 70).

liberté individuelle à la défense de l'autonomie de la communauté scientifique? Une possibilité est de considérer que cette dernière mène des recherches qui ne peuvent être réalisées par des citoyens isolés. Comme l'écrit Wilholt :

Le savoir requis pour formuler un avis informé sur les questions contemporaines surpasse de loin ce qui peut être produit par des efforts individuels. Par exemple, des recherches menées par des citoyens sur les causes du changements climatiques ont peu de chance d'aboutir. Une science public dont le but est de fournir des informations fiables et impartiales est donc indispensable (Wilholt et Glimell, 2011, p. 353).

La science, dans son ensemble, doit donc lutter pour acquérir une forme d'autonomie vis-à-vis du pouvoir, garantissant son objectivité et la neutralité de ses expertises. Cette idée est ancienne : déjà Condorcet, en 1792, notait dans son « Rapport et projet de décret sur l'organisation générale de l'instruction publique » :

Aucun pouvoir public ne doit avoir l'autorité ni même le crédit, d'empêcher le développement des vérités nouvelles, l'enseignement des théories contraires à sa politique particulière ou à ses intérêts momentanés (Condorcet, 1792, p. 5).

Les *intérêts momentanés* des pouvoir publics ne doivent pas interférer avec le cours de la science. Cette revendication d'autonomie peut concerner d'une part les valeurs épistémiques à l'œuvre dans l'enquête et d'autre part les directions que celle-ci emprunte. En effet, si les bailleurs de fonds de la science dictent les pistes qu'elle doit suivre, cela revient à décider quelles vérités doivent être développées et lesquelles doivent être laissées de côté, ce qui limiterait de fait l'intérêt démocratique de la recherche.

Le premier point (les normes de l'enquête) ne pose à première vue pas de problème majeur, si tant est que l'on accepte la nécessité d'une forme d'autonomie axiologique de la science : les pouvoirs publics ne doivent évidemment pas cautionner la pratique d'une *mauvaise science*. Un exemple récent, souvent cité, concerne les accusations dont a fait l'objet le président G. W. Bush pour les manipulations des résultats scientifiques menées sous son administration⁴⁰.

Le deuxième point (l'orientation de la recherche) est plus délicat. Cet argument part du principe qu'une communauté scientifique parfaitement autonome dans le choix de ses sujets de recherche offre naturellement aux citoyens les informations dont ils ont besoin. Autrement dit, on présuppose

⁴⁰L'agence UCS (Union for Concerned Scientists) a publié à ce sujet un rapport, intitulé « Scientific Integrity in Policymaking : An Investigation into the Bush Administration's Misuse of Science ». Pour plus de détails, on pourra consulter Brown et Guston (2005, 2009) ou Resnik (2009).

une convergence entre les intérêts des chercheurs et ceux du reste de la société. Or, rien n'assure que le savoir produit dans le cadre d'une science libre de choisir ses objectifs soit profitable à la société dans son ensemble : on pourrait soutenir, à l'inverse, que l'idéal démocratique passe par une soumission des objectifs de la science aux souhaits formulés par les citoyens⁴¹. Cependant, cette idée est invalidée, dans le cadre des discours pro-autonomie, par les arguments présentés plus haut : la science est improductive si elle est contrainte. Ainsi, pour les défenseurs de l'autonomie, la science ne peut véritablement être un bien commun que si on ne limite pas sa fécondité épistémique – ce qui passe par le respect d'un principe d'auto-gouvernance. C'est dans cet esprit là que Cadogan critique la finalisation par des programmes conçus sur le base de besoins sociaux, tels que « l'énergie, la santé, les matériaux, le changement climatique » (Cadogan, 2014, p. 2). Il lui oppose un système dans lequel « l'argent est offert aux scientifiques afin qu'ils suivent leur curiosité ». Dans cette optique, il est contre-productif de guider la recherche par des projets socialement valorisés -ou jugés importants par les pouvoirs publics. Le compte-rendu des Assises Nationales de la Recherche d'octobre 2004 exprime le même point de vue : « les citoyens attendent de la science la solution à des problèmes sociaux de toute nature : le chômage, l'épuisement du pétrole, la pollution, le cancer, etc. Le chemin qui conduit vers des réponses à ces questions n'est pas aussi direct que veut le laisser croire une vision programmatique de la recherche (...). Jamais une découverte scientifique n'a été obtenue en tentant de résoudre un problème social urgent » (EG, 2004, p. 14-15). C'est donc une vision *programmatique*, focalisant la recherche sur des thèmes correspondant à des problèmes sociaux urgents, qui est dénoncée au nom de l'autonomie scientifique⁴². Ce type de dénonciation de l'intervention des pouvoirs publics dans l'orientation de la science s'est manifestée de manière parti-

⁴¹Cet argument, sur lequel nous reviendrons plus en détail, est au cœur des thèses de Kitcher sur la démocratisation des sciences, tel qu'il les développe notamment dans Kitcher (2004) ; Kitcher (2010) [2001].

⁴²Il est possible, en allant au bout de cet argument, de défendre l'idée selon laquelle on ne peut interdire une recherche sur la base de ses application potentielles. Jean-Claude Pecker, Professeur honoraire au Collège de France, Membre de l'Académie des Sciences, note ainsi : « à ma grande consternation, il s'est trouvé un certain nombre d'intellectuels, pourtant bien éclairés, pour prôner l'interdiction de toute recherche susceptible de conduire à des savoirs qui permettraient des applications dangereuses. Cette attitude traduit une forme d'obscurantisme : la recherche pure, pour comprendre, ne se dirige pas en fonction d'applications plus ou moins hypothétiques : elle répond à un besoin fondamental et désintéressé de l'homme de percer les mystères du monde physique et vivant dans lequel il se trouve. Certes, il pourra utiliser ces connaissances nouvelles pour inventer des applications permettant le meilleur ou le pire et le plus souvent les deux. C'est au niveau des applications que doit se manifester notre sagesse (...). Ainsi, le champ de la découverte de phénomènes ou de lois existants dans la nature ne peut être limité : il constitue le plus précieux des patrimoines de l'*homo sapiens*. Expliquer qu'il nous faudra apprendre à vivre avec nos connaissances sans cesse évolutives ainsi que la différence entre découverte et invention est actuellement une tâche importante qui relève de la politique de recherche scientifique et technique » (Pecker, 2003, p. 51).

culièrement aigüe dans l'opposition à la science « marxiste », dont Polanyi est l'un des chefs de file. L'une de ses cibles sont les propositions, émanant de scientifiques socialistes tels que le britannique John Desmond Bernal, d'introduire des éléments de planification politique dans la science, pour en optimiser le rôle social. C'est dans ce cadre qu'il participe activement à la formation, en 1941, de la *Society for Freedom in Science*, dont le but explicite est de s'opposer au *bernalisme*. Plus précisément, ce mouvement, regroupant de grands noms de la science britannique, entend lutter contre une certaine conception de la science qu'ils définissent, dans un manifeste intitulé « The Objects of the Society for Freedom in Science », de la manière suivante :

Premièrement, la science a pour origine la volonté de satisfaire les besoins matériels de la vie humaine. Ensuite, l'objectif légitime de la science est de combler ces besoins à une large échelle. Finalement, les scientifiques ne doivent pas être laissés libres de choisir leurs propres sujets de recherche, mais doivent être soumis à une planification de manière à ce que leur travail soit organisé de manière optimale pour la satisfaction de ces besoins matériels (p. 1, cité par McGucken, 1978, p. 3).

La crainte de perdre le droit, accordé aux scientifiques, de fixer leurs directions de recherche, est au cœur de l'argumentation de la *Society for Freedom in Science*⁴³. Dans ce cadre, l'État soviétique incarne une conception planifiée de l'économie et de la science dont il faut mettre en évidence les méfaits. L'opposition philosophique entre libéralisme et marxisme joue donc à plein dans l'argumentaire de Polanyi. D'une part, la question de l'autonomie de la science vis-à-vis de ses objectifs est traitée en mobilisant les ressorts argumentatifs présentés précédemment, notamment l'imprévisibilité des résultats de la science et la créativité de l'individu libre. Les analogies économiques présentant la communauté scientifique comme un libre marché auto-organisé lui permet de critiquer le contrôle gouvernemental sur les directions de la recherche.

De manière significative, un argument est régulièrement invoqué dans le cadre de cette dénonciation de la finalisation étatique, centré sur la figure de Lyssenko⁴⁴. Cette figure est prise comme cas type du dévoiement de la science par une idéologie. Polanyi en fait notamment le thème de l'un de ses articles classiques, intitulé « l'Autonomie de la Science », présenté pour la première fois dans une

⁴³Pour plus de détails sur l'histoire de ce mouvement, très actif dans les années 1930-1940, on pourra consulter McGucken (1978) et Nye (2011), p. 161.

⁴⁴Les articles et ouvrages consacrés à l'« affaire Lyssenko » sont nombreux (voir, par exemple, Kotek, 1992). Pour mémoire : Lyssenko était un agronome russe qui, dans les années 30, a proposé une théorie de l'hérédité conforme au marxisme et opposée à la génétique mendélienne, qualifiée de « science bourgeoise ». La grande idée de Lyssenko est qu'il est possible de modifier les caractéristiques génétiques d'une plante en agissant sur son environnement. La défense de cette approche par Staline conduisit, entre autres, à de grandes purges dans le milieu scientifique et à l'élimination de biologistes opposés au lyssenkisme.

conférence à Manchester en 1943. Il y décrit « la brèche ouverte dans l'autonomie de la science » par « l'invasion des domaines de la génétique et de la reproduction des plantes par de nouvelles thèses erronées » (Polanyi, 1989 [1951], p. 93). L'épisode Lyssenko est donc pris comme exemple d'une perte d'autonomie de la science, par suite d'un interventionnisme étatique. McGucken note que le Lyssenkisme est présenté par Polanyi et les membre de la *Society for Freedom in Science* comme une « conséquence de la planification de la science » (McGucken, 1978, p. 56). Plus précisément, il remarque que « Polanyi utilise cette expérience comme une illustration des conséquences de l'effort naïf pour organiser la science directement en direction du bien public » (*Id.*). Polanyi tend donc à assimiler la finalisation de la science à sa soumission à une idéologie politique. Il opère donc un glissement implicite depuis la question du choix des objectifs vers celle des normes méthodologiques. Cette logique conduit à se méfier de toute forme de contrôle externe, comme le note Dominique Raynaud :

Après que le contrôle politique et idéologique a abouti, sous Staline, à isoler et falsifier des domaines de la recherche scientifique, une réaction post-stalinienne est née avec des représentants du monde scientifique se battant vigoureusement contre les contrôles externes. Le résultat a été une responsabilité accrue des scientifiques qui ont renforcé leur autonomie interne au moyen de mises en garde sur les erreurs du passé (Raynaud, 2016, p. 182).

Cette vigilance face à toute forme de contrôle politique est courante, entretenue par l'ambiguïté du terme *autonomie*, qui permet de construire des discours mêlant implicitement la question des normes méthodologiques de l'enquête et celle des buts qu'elle se fixe. Les deux sens possibles de ce concept, désignant soit l'autonomie axiologique du champ scientifique, soit sa capacité à fixer ses objectifs sans ingérence externe, se mêlent ainsi pour produire une critique virulente de toute limitation de cette autonomie, quelle que soit la forme qu'elle prend. Ainsi, Resnik note-t-il que « même si personne n'a produit de preuves statistiques sur les conséquences d'une protection ou d'une restriction de l'autonomie des institutions scientifiques, il y a des preuves historiques pertinentes à ce propos » (Resnik, 2009, p. 63). Les preuves historiques qu'il fournit alors concernent les luttes de Giordano Bruno, Copernic et Galilée (p. 64), le lyssenkisme (p. 67) et la science sous le régime nazi (p. 69). Toute intervention de l'État est donc assimilée à une violation de l'intégrité scientifique (de l'autonomie axiologique de la science). Cette idée est transparente dans le passage suivant :

Les politiciens ont essayé de limiter la prise de décision des scientifiques de différentes manières. Ces limitations ont pu inclure des restrictions de financement, une volonté d'imposer à la science les directions qu'elle emprunte, de contrôler la

composition des bureaux de conseil scientifique pour des raisons politiques, la réécriture des rapports scientifiques et la censure des publications (Resnik, 2009, p. 4).

Tous les modes d'interactions possibles entre la science et les pouvoirs publics sont donc rangés sous la même étiquette. La critique de l'interventionnisme des pouvoirs publics peut ainsi jouer sur la crainte d'une possible perte de l'intégrité méthodologique de la science – ce qui revient, en fait, à mêler deux sens du concept d'autonomie du champ scientifique. On retrouve la même mécanique dans les propos de Prochiantz⁴⁵, qui note que « Lyssenko, au nom d'une science pour le peuple, a détruit la génétique soviétique (...). Une telle folie doit nous inciter à être méfiant quand les décideurs, ou les jurys citoyens, somment les scientifiques de répondre à l'urgence sociale ». Un peu plus loin, il dénonce « l'incitation permanente, à travers les programmes déclinés en questions sociétales, à mobiliser les savants autour de grandes causes, nationales ou européennes, industrielles ou humanitaires » et assimile cette tendance à du « lyssenkisme rampant ». On ne saurait être plus clair : en guidant les orientations de la science, la sphère politique entrerait nécessairement dans une forme de gouvernance totalitaire de la recherche. La référence à Lyssenko conduit à assimiler toute intervention de l'État dans la science à un dévoiement de sa valeur épistémique. La crainte de voir la science se politiser et perdre la forme d'indépendance nécessaire à la réalisation de sa mission démocratique a donc un impact sur la manière dont est pensée la notion de *finalisation*. Celle-ci peut être perçue, au sein des discours sur l'autonomie, comme une volonté de mettre la science à la botte du politique. En imposant à la science des thèmes (ou programmes) de recherche (le réchauffement climatique, le cancer, la pollution...), les États contribueraient donc à détourner la science de son objectif premier : la quête d'un savoir neutre et objectif.

I.2.2.5 La dénonciation de l'utilitarisme

Une seconde forme de contrainte exercée sur l'autonomie scientifique apparaît sous la figure générique de l'*utilitarisme*. L'une des manifestations les plus marquantes de cette critique exprime la crainte d'un dévoiement des normes méthodologiques de la science sous l'effet de la commercialisation. Est ainsi dénoncée la présence croissante de conflits d'intérêts, notamment dans le champ de la biomédecine (Drazen et Curfman, 2002 ; Krinsky, 2003 ; Vallas et Kleinman, 2007 ; Brown,

⁴⁵Prochiantz, intervention au colloque de rentrée 2013 du Collège de France, « La cité des sciences, les sciences dans la cité ».

2011). Plus largement, de nombreuses études soulignent les divers biais (dans les protocoles expérimentaux, l'interprétation des données, la dissémination des résultats) affectant la recherche lorsque s'y mêlent des intérêts financiers (Ziman, 2002, 2003, 1996 ; Wilholt, 2009 ; Biddle, 2011) . Ces derniers sont décrits comme un motif de corruption de la science ; sous le règne de l'argent, celle-ci tendrait à perdre certaines des valeurs épistémiques qui fondent sa légitimité à dire le vrai, telles que « l'honnêteté, l'objectivité, l'ouverture d'esprit » (Resnik, 2014). Ce type de critique touche à la question de l'autonomie axiologique. Concentrons-nous donc sur un deuxième registre de critique de l'utilitarisme, s'attachant à dénoncer le caractère toxique pour le progrès des connaissances d'une trop grande prégnance des considérations pratiques. Celles-ci devraient, au contraire, rentrer de manière limitée dans le champ de la science :

Mais, [diraient beaucoup d'intellectuels], la science est faite pour servir les hommes et l'État n'est-il pas l'organisme qui a précisément pour fonction de diriger cette activité, comme les autres ? (...) Est-il vrai que la science soit "faite pour servir les hommes" ? C'est là, je crois bien, le fond du problème (...). Nous sommes en présence d'une conception utilitaire de la science qui tend à prévaloir non seulement en U. R. S. S., mais ailleurs, en Amérique ; et dans notre pays même (Lévy-Bruhl, 1949, p. 249).

Lévy-Bruhl se méfie d'une forme d'utilitarisme tendant à concevoir la science comme étant au service de la société. Ce qu'il met en cause n'est certainement pas l'idée que l'on puisse utiliser les connaissances scientifiques pour améliorer le sort de l'humanité, mais bien plutôt une tendance à vouloir motiver l'avancée des connaissances par un souci d'application. La même idée est exprimée en 2013 par Prochiantz, au colloque de rentrée du Collège de France, lorsqu'il considère la question « À quoi sert le science ? », question qui, selon lui, « reçoit habituellement deux réponses. La première est que [la science] produit des connaissances nouvelles, la seconde est qu'elle est au service de la société ». La synthèse de ces deux approches doit alors se faire en postulant que « la production de connaissances nouvelles doit être mise au service de la société ». En filigrane apparaît l'idée que le rôle de la science est avant tout de produire des connaissances nouvelles qui, dans un second temps, acquièrent une importance sociale. Dans ce cadre, il faut donc défendre « la possibilité d'une recherche scientifique non-utilitaire, à quelque terme que ce soit ». L'exigence d'*utilité* est donc vue comme une contrainte externe diminuant l'autonomie scientifique. Dans le même élan, Raynaud dénonce la « toxicité de l'utilitarisme » (Raynaud, 2016, p. 132). Il associe les « politiques utilitaristes » à un déclin de la recherche fondamentale et à un « mépris des sciences au profit des techniques » (p. 184). Cette idée est également exprimée par l'historien Vincent Duclert, qui juge que

les décideurs sont conduits à faire des choix essentiellement justifiés par les bénéfices potentiels que la société espère tirer, à court terme, de ces investissements. Une telle politique défavorise obligatoirement le financement de la recherche fondamentale (...). Les contrats de recherche, qui représentent une part de plus en plus importante du financement des laboratoires, concernent dans leur grande majorité la recherche appliquée (Duclert et Chatriot, 2003, p. 30).

L'auteur oppose ainsi explicitement le souci des bénéfices à court terme, apanage d'une recherche *appliquée*, à la recherche *fondamentale*. Plus précisément, le mode de financement sur contrat de la recherche tendrait à faire de la science une entreprise majoritairement guidée par des considérations pragmatiques : c'est donc le principe même de la programmation qui est associé à une forme d'utilitarisme. On remarque donc une assimilation, très fréquente, de la notion de science *autonome* à la notion de science *fondamentale*. L'exigence d'utilité, exemplifiée par le développement de la recherche sur programme, est pensée comme un facteur d'hétéronomisation. Autrement dit, la dichotomie entre science autonome et science dirigée est bien souvent prise comme un équivalent de l'opposition entre science fondamentale et science appliquée. Cette idée est clairement formulée par Mario Bunge dans sa préface à l'ouvrage récent de Dominique Raynaud. Il y affirme que

la recherche fondamentale est autonome, elle est régie par ses propres critères, tandis que la recherche appliquée et le « développement » (conception technologique) sont hétéronomes : ils sont faits en faveur de l'utilité, immédiate ou potentielle, de ceux qui les financent (Raynaud, 2016, p. 8).

L'appel à la temporalité propre de la recherche fondamentale est souvent utilisée pour accentuer cette opposition : aux besoins immédiats, conçus dans l'urgence, s'oppose le temps long de la science. L'idée de planification devient le symbole de cette volonté absurde de contraindre l'enquête dans les bornes étroites du « planning des politiques », qui ne tient pas compte du fait que « les connaissances avancent lentement » (Ben-Ari, 2016). Cette référence à la planification comme force exercée sur la science pure est abondamment utilisée chez Polanyi⁴⁶, mais se retrouve également dans des discours plus récents. Ainsi, le compte-rendu des assises nationales de la recherche note-t-il que

⁴⁶« La planification de la science est censée permettre d'orienter la science pure vers des découvertes qui seront utiles lorsqu'on les appliquera à des problèmes pratiques. Or ceci est en général impossible. La science pure a ses propres buts intrinsèques ; si elle devait poursuivre des buts différents, elle cesserait par là même d'être ce qu'elle est » (Polanyi, 1989 [1951], p. 108).

la science ne peut fonctionner qu'en élaborant elle-même ses propres questions, à l'abri de l'urgence et de la déformation inhérente aux contingences économiques et sociales. C'est à ce prix, en passant par des détours parfois surprenants, que certaines questions peuvent, souvent après de multiples reformulations, être en partie résolues (...). Il est indispensable de prendre en compte les échelles de temps de ces recherches. Une planification sectorisée en fonction d'objectifs prédéfinis n'est adaptée qu'aux phases finales du processus de recherche et de développement (EG, 2004, p. 14).

En faisant rentrer des considérations temporelles dans la défense de l'autonomie de la science, ce type de discours associe implicitement planification et finalisation. Soumettre la recherche aux pré-occupations sociales reviendrait inévitablement à nier le temps long de la recherche, en la jalonnant d'échéances à respecter – c'est-à-dire, en la planifiant.

Outre la question du temps, la science fondamentale autonome est opposée à l'utilitarisme sur le plan des objectifs, la première étant centrée sur des buts purement cognitifs. Ce thème rejoint le premier discours analysé dans ce chapitre : l'homme tend naturellement à connaître, donc une science laissée autonome sera nécessairement fondamentale. Il s'agit donc de revendiquer une distinction profonde entre « les désirs de savoir et de faire » (Raynaud, 2016, p. 8), de manière à défendre l'existence d'une frontière entre science fondamentale et appliquée, science et ingénierie, science et technologie. Cette démarche est classique et a notamment guidé la mise en place de certaines instances publiques de recherche⁴⁷.

En effet, le souci de définir la science en opposition à des objectifs pratiques a trouvé et trouve encore de nombreux avocats. L'un des discours les plus classiques en la matière est celui de V. Bush. Dans son rapport *Science, the Endless Frontier*, il définit la recherche fondamentale (*basic research*) selon deux aphorismes, qui reviennent de manière récurrente dans ses textes et forment la toile de fond de sa réflexion sur la nature de la connaissance scientifique. Le premier énonce que la science fondamentale est une entreprise qui a pour but « une compréhension de la nature et de ses lois ». Cette compréhension permet de construire des « connaissances générales » (*general knowledge*), que Bush oppose implicitement à des connaissances locales, propres à de la science appliquée. Le deuxième aphorisme définissant la science fondamentale concerne sa finalité : « la recherche fon-

⁴⁷Guthleben rappelle ainsi que lors de la naissance du CNRS, la séparation entre recherche pure et recherche appliquée était actée officiellement : « selon ces textes officiels, les deux directeurs du CNRS [devaient] s'entourer d'un conseil supérieur de la recherche scientifique pour la recherche pure, de comités spécialisés et d'une commission des inventions pour la recherche appliquée » (Guthleben, 2009, p. 21). Pour le cas des États-Unis, on pourra se référer par exemple à Godin, étudiant la naissance de la notion de *development* comme intermédiaire entre *basic science* et *applied science* (Godin, 2006).

damentale est menée sans objectifs pratiques (*practical ends*) », affirme-t-il. La conjonction de ce rejet du pratique avec le souci d'acquérir des connaissances générales sur la nature est exemplaire de la conception de l'autonomie scientifique présentée dans cette section, débouchant sur l'idée que l'exigence d'utilité hétéronomise l'enquête. Les objectifs propres de la recherche fondamentale (ceux qu'elle suit lorsqu'elle est autonome) tendent uniquement à accroître les connaissances et sont donc incompatibles avec le souci de l'application. On observe donc une assimilation du débat entre science autonome et science finalisée à l'opposition entre science pure et appliquée. On a, d'un côté, une science fondamentale autonome, cherchant à décrypter le monde naturel et de l'autre, une science à tendance appliquée, finalisée vers des objectifs pratiques. La question des objectifs poursuivis permet donc de différencier simplement la science pure et la science appliquée : « si la but est purement cognitif, on est dans la science pure ; s'il est d'abord pratique, on est dans la science appliqué. Donc, alors que la cytologie est une branche de la science pure, la recherche contre le cancer appartient à la recherche appliqué », nous dit Bunge (1966) (p. 329). Ce genre de distinction permet à Raynaud d'exclure explicitement du champ de la science toutes les manipulations du vivant menées par les « biotechnologies », « la biologie synthétique », « le génie génétique » (Raynaud, 2016, p. 80). Pour l'auteur, elle relèvent plus du « bricolage » aléatoire que d'une démarche de recherche. Outre l'intérêt pratique qui sous-tendent ces recherches, le problème est que « les manipulations reposent sur des connaissances lacunaires et pourtant cruciales pour la maîtrise du processus (réussite de l'insertion du gène, expression du gène, viabilité de l'organisme) » (*Id.*). En toute logique, la plupart des démarches empiriques de la biomédecine, depuis la recherche de substances actives par criblage systématique jusqu'à la médecine clinique elle-même sortiraient alors du champ de la science pour rejoindre celui de la technologie. À ce critère, s'ajoute la distinction marquée entre théorie et pratique : « le but de la science est de produire des connaissances théoriques. Utilité pratique et connaissance théorique sont deux ordres séparés » (p. 146). Dans le même esprit, la directrice de l'Institut National des Sciences Biologique du CNRS, Jesus, note dans un ouvrage récent que « le développement scientifique est alimenté par deux courants – schématiquement, la curiosité et l'utilité » (Jesus, 2017, p. 11). La différence d'objectifs sert donc de fondement à une dichotomie entre « la recherche guidée par la seule curiosité [qui] a le plus souvent des retombées tardives dans le monde socio-économique, retombées qui étaient insoupçonnées et imprévues au moment où cette recherche s'est réalisée » et « la recherche dite finalisée » (p. 26). Dans cette perspective, seul le premier type de recherche permet de générer d'authentiques connaissances nouvelles, de créer des « ruptures » (p. 27). À l'inverse, la recherche finalisée, elle, reposerait sur « des connaissances déjà

acquises ». Pour Jessup, l'identification claire de ces deux types de recherche doit s'accompagner de la défense d'une science « portée par la curiosité des chercheurs » (p. 28) contre la focalisation sur les succès pratiques, technologiques, de la biologie contemporaine.

Cette volonté de lutter contre ce qui est perçu comme un danger de confusion entre la volonté de savoir et la volonté d'agir est ancienne. Ainsi, le physicien Rowland affirmait-il en 1883 que

la science américaine doit se tourner vers le futur et non vers le passé ou le présent. Et la meilleure manière de la faire, selon moi, est de considérer ce qui doit être fait pour créer une science physique dans ce pays, plutôt que de nommer science les télégraphes, la lumière électrique et ce genre de commodités (...). Il est assez commun, spécialement dans les journaux américains, de voir les applications de la science confondues avec la science pure (...). Pour avoir des applications, la science doit exister elle-même (Rowland, 1883, p. 242).

Il s'agit ici de clarifier la terminologie, à l'usage du grand public : la science ne peut être confondue avec ses applications. De manière intéressante, on retrouve cette même démarche chez Vannevar Bush : son rapport sur l'organisation de la science américaine dans l'après-guerre milite activement pour la reconnaissance de l'importance de la science *pure*, face à une opinion publique loin d'être acquise à sa cause. Rappelons en effet que des résultats fulgurants ont été obtenus par l'OSRD (*Office of Scientific Research and Development*) durant la guerre : conçue pour mener à bien des projets finalisés visant à pourvoir l'armée alliée en techniques innovantes, l'organisation s'est révélée bien plus féconde que prévu. En mettant sur pied une instance scientifique fortement dirigée, coordonnée, contrôlée, l'administration américaine s'était dotée d'un formidable outil d'innovation, qui fut capable, en quelques années, de mettre au point la bombe atomique. Son extraordinaire succès a poussé une partie de la population à vanter les mérites d'une science centralisée et planifiée. Ainsi pouvait-on lire, dans le *New York Times*, au lendemain de l'attaque d'Hiroshima :

Les professeurs d'université qui se sont opposés à l'organisation, à la planification et à la direction de la recherche à la manière des laboratoires industriels (...) doivent maintenant y réfléchir. Une partie importante de la recherche a été mise en oeuvre par l'armée avec précisément les moyens mis en oeuvre dans l'industrie. Résultat final : une invention a été fournie en moins de trois ans qui aurait peut-être pris un demi-siècle à développer si l'on avait dû se reposer sur des chercheurs divas qui travaillent seuls dans leur laboratoire...Un problème a été posé, il a été résolu par une planification, par une direction compétente et non par le seul désir de satisfaire la curiosité des scientifiques⁴⁸.

⁴⁸*New York Times*, 7 août 1945. Cité par Mukherjee (2010), p. 150.

Plus officiellement, ce point de vue était défendu par un groupe de sénateurs, menés par Kilgore, qui souhaitaient étendre au temps de paix l'organisation de l'ORSO durant la guerre⁴⁹. Il s'agissait donc, pour V. Bush, de défendre l'autonomie de la science face aux sirènes de la planification étatique. Pour lui, cela passait par une clarification des notions de science fondamentale et appliquée et des relations qu'elles entretiennent⁵⁰. Le point de vue développé par Bush sur le sujet, martelé tout au long de son texte, est sans ambiguïté :

La production de nouveaux produits, la création de nouvelles industries, la dynamique de l'emploi requièrent un progrès continu dans la connaissance des lois de la nature et l'application de ce savoir à des fins pratiques (...). Ces connaissances nouvelles ne peuvent être obtenues que par la recherche fondamentale (*basic scientific research*) (Bush, 1945, p. 5).

Comme nous l'avons noté plus haut, la science fondamentale se caractérise, dans cet argumentaire, par une nécessaire autonomie la conduisant à accroître sa connaissance des lois de la nature. En outre, est affirmé clairement le type de lien qu'entretiennent le capital scientifique et ses applications concrètes : « la recherche fondamentale est le *pacemaker* des progrès technologiques » (Bush, 1945, p. 19). La science fondamentale enrichit le réservoir des connaissances, qui, dans un second temps, sont utilisées pour produire des applications. Cette intuition est souvent une pierre angulaire des thèses défendant l'autonomie scientifique ; elle sert à justifier l'idée que tout contrôle extérieur sur les directions de la recherche est contre-productif : la science est utile à condition qu'on la laisse se développer librement. Elle est ainsi exprimée par l'un des pères fondateurs du CNRS, le physicien Jean Perrin, qui écrit en 1948 :

Un accroissement de savoir permet presque toujours quelque utilisation, quelque invention qui se trouvait jusqu'alors imprévisible et la recherche scientifique, sans avoir d'autres buts que la découverte désintéressée de l'inconnu, entraîne de façon nécessaire l'accroissement incessant de notre emprise sur la nature (Perrin, 1948, p. 127).

La science pure, quête désintéressée de l'inconnu, accroît notre maîtrise de la nature et débouche

⁴⁹Pour des détails historiques, voir par exemple Guston (2000), p. 53.

⁵⁰Comme le rappelle N. Reingold, « le principal problème auquel était confronté Bush était la confusion générale entre les termes de science, de recherche et d'ingénierie. Pour la majorité des gens et même parmi les professionnels (...), le triomphe du projet Manhattan représentait la science » (Reingold, 1987, p. 299).

donc sur des applications pratiques⁵¹. La nature imprévisible de ce mécanisme justifie la nécessité d'une autonomie totale de la science pure. Les affirmations de Jean Perrin prennent leur sens dans un contexte d'opposition avec un courant de pensée contraire, porté notamment par le chimiste Henri Le Chatelier. Ce dernier, dont nous présenterons plus en détail les idées dans le chapitre suivant⁵², défendait la fécondité épistémique du contexte d'application régnant dans les laboratoires industriels. Cela le conduisit à proposer une « institutionnalisation de la recherche appliquée », contre laquelle Perrin élaborait son projet d' « institutionnalisation de la recherche fondamentale » libre (Catellin, 2014, p. 139). L'affirmation de ce primat de la science pure, guidée par la curiosité, s'inscrit donc dans une logique conflictuelle : il s'agit de lutter pour l'autonomie de la recherche. C'est sans doute ce même schéma que l'on retrouve aujourd'hui. Ainsi, le biologiste Couée défendait-il récemment le « flot continu entre la créativité, la recherche et le développement » (Couée, 2013, p. 222), la créativité étant dépendante d'une « dynamique d'exploration de l'inconnu » (*Id.*). Cet argument est explicitement construit pour lutter contre « l'intrusion envahissante d'un esprit commercial (*business ideas*) dans la gestion et le financement de la recherche ». Plus précisément, il dénonce le fait que « les gouvernements soient de plus en plus intéressés par la performance et l'efficacité des instituts de recherche, des projets, des équipes et des individus » (*Id.*). On retrouve ici, en filigrane, cette idée un peu floue d'*utilitarisme*, critiquant pêle-mêle la présence d'objectifs pratiques, l'exigence de rentabilité, le court-termisme et le dévoiement des normes épistémiques de la science. C'est en réaction à cet utilitarisme qu'est mise en avant la supériorité épistémique et pratique d'une science fondamentale autonome. De la même manière, l'insistance de Raynaud à défendre le primat de la science sur la technologie s'inscrit dans une logique explicite de dénonciation des errances utilitaristes inspirées des « Science Studies » (p. 227), ou, plus largement, de toutes les « absurdités post-modernes » (p. 9) énoncées sur les conditions de la science – parmi ces dernières, le concept de *technoscience* est une cible privilégiée⁵³. Cette démarche s'ancre même dans un combat plus ancien, puisqu'il s'agit de « réfuter les thèmes pragmatistes, notamment marxistes, sur la relation entre connaissance et action, entre science et industrie » (p. 8). On voit donc ressurgir le vieux spectre

⁵¹Sa foi dans la puissance de la science pure, directe héritière du progressisme des Lumières, le conduit à écrire un peu plus loin qu' « en conséquence imprévue de ce progrès de la connaissance pure, la richesse et la puissance des hommes vont s'accroître miraculeusement » (Perrin, 1948).

⁵²p. 78.

⁵³Raynaud s'efforce de montrer qu'il s'agit d'un concept ayant pour but de « déconstruire le “mythe” de la pureté et de l'autonomie de la science » (p. 274). Il s'agit donc pour lui d'adopter la démarche inverse et de déconstruire le mythe de la technoscience, en montrant d'une part que cette notion est mal définie et d'autre part, que la science pure existe belle et bien.

de la science marxiste, qui déjà hantait Polanyi...et une revendication politique, qui, finalement, est toujours la même : « favoriser la science fondamentale, augmenter les investissements publics dans la recherche » (*Ibid.*, p. 8). En arrière-plan, on retrouve l'idée que de cette science fondamentale découleront toutes les applications nécessaires à la croissance du bien-être général.

Cette conception des rapports entre la science et ses applications a été nommée, à partir des années 1980, le *modèle linéaire de l'innovation*⁵⁴. Ce modèle est explicité par Guston de la manière suivante :

Le modèle linéaire est supposé décrire la manière dont le soutien gouvernemental à la science fondamentale, particulièrement dans les universités, à une extrémité de la chaîne, promeut des innovations économiquement importantes de l'autre (Guston, 2000, p. 114).

Ce modèle dit linéaire est la traduction, dans le champ concret de la gouvernance des sciences, des arguments généraux développés pour défendre son autonomie. Les analyses que nous avons menées jusqu'à présent nous ont permis de montrer que cette défense se fonde sur deux idées clés. La première est que la science tire sa fécondité épistémique de la latitude qui lui est laissée dans le choix de ses orientations. Sur ce point, deux discours légèrement divergents peuvent être construits, selon que l'on pense l'autonomie à l'échelle de l'*individu*, ou de la *communauté* scientifique dans son ensemble. Dans le second cas, les bailleurs de fond peuvent faire confiance à l'organisation disciplinaire classique du monde académique, basée notamment sur l'évaluation par les pairs, pour décider des pistes de recherche à suivre. Dans le premier cas en revanche, la figure singulière du scientifique est le fondement de la créativité. Tout système de gouvernance des sciences doit donc mettre en valeur la liberté individuelle, y compris face à des pairs souvent réactionnaires et conformistes. La seconde idée est qu'une science autonome se tourne nécessairement vers une recherche à visée purement cognitive, en vertu de l'attraction naturelle de l'homme pour le savoir. La combinaison de ces deux registres argumentatifs trouve son aboutissement dans le *modèle linéaire* : si l'on évite d'hétéronomiser la science en lui imposant des objectifs associés à des questions pratiques, on permettra

⁵⁴Bernadette Bensaude-Vincent note ainsi que « l'attachement à la séquence science-d'où-technique est ce que les sociologues en charge de la politique scientifique appellent le "modèle linéaire", pour mieux souligner le contraste avec un nouveau type de relations entre science, État et industrie qui se développe à partir des années 1980 » (Bensaude-Vincent, 2009, p. 33). De Oliveira précise cette idée et fait remonter l'usage de ce concept à l'article classique de Kline et Rosenberg, daté de 1986 et intitulé « An Overview of Innovation » (de Oliveira, 2014, p. 130).

le développement d'une science fondamentale constituant un réservoir de connaissances théoriques que les sphères économiques et politico-sociales pourront utiliser à leur guise.

Reste que cette notion de modèle linéaire sert, depuis les années 1980, de point d'appui pour différents types de discours hostiles à un principe, jugé trop rigide, d'autonomie scientifique. Symbole de l'attachement jugé naïf à une science prétendument pure, il sert de cible à la critique d'une image de la science nécessairement close vis-à-vis du monde social. Le type d'argumentaire que nous décrivons dans la suite présente un argument spécifiquement construit dans le cadre de cette démarche critique.

I.2.3 La science néo-libérale

Les années 80 sont souvent citées comme la période charnière annonçant une modification profonde de l'organisation de l'effort de recherche. Chiffres à l'appui, de nombreux auteurs – sociologues, politistes, historiens – mettent en évidence un recul progressif des financements publics et un accroissement relatif de la part prise par le secteur privé, en Amérique et en Europe. Dans le cadre de l'Union Européenne, ce changement de modèle économique est souvent associé à la stratégie de l'OCDE dite « de Lisbonne ». Ce programme, énoncé lors du sommet européen de Lisbonne en 2000, se fixe comme objectif de faire de l'Europe « l'économie de la connaissance la plus compétitive et la plus dynamique⁵⁵ ». Il s'agit dans les faits de poursuivre la construction du marché unique, en l'étendant aux activités scientifiques qui entrent alors dans une logique de mise en concurrence, de rentabilité et sont sommées de répondre à la demande sociale⁵⁶ (Bruno, 2008). Christian Bonneuil rappelle ainsi que les dernières décennies ont été marquées par un reflux de la dépense publique et un pilotage accru de la recherche par les entreprises, avec un croisement des courbes de financement dans les années 1990 pour le France (Bonneuil, 2013, p. 32). Dans ce cadre, la loi Allègre de 1999 visant à inciter le CNRS et les universités à poser des brevets est vue comme une sorte de Bayh-Dole Act à la française (*Id.*)⁵⁷. De manière générale, l'évolution des politiques de recherche est perçue comme un mouvement visant à « favoriser les liens entre recherche publique et industrie, rendre la

⁵⁵Lisbon European Council, « Presidency conclusions ». Disponible sur http://www.europarl.europa.eu/summits/lis1_en.htm (consulté le 2 septembre 2018).

⁵⁶Nous reviendrons, dans le chapitre X, sur les conséquences, en termes de pilotage de la recherche, de ce virage amorcé par l'OCDE.

⁵⁷Pour plus de précision à propos de la loi sur l'innovation de 1999, on pourra se reporter par exemple à Lamy (2005), p. 307.

recherche appropriable et créer les conditions d'une régulation de la science par les mécanismes du marché » (*Ibid.*, p. 30). Comme le notait le comité d'éthique du CNRS en 2010, on assiste ainsi à une dynamique d'*ouverture* de la recherche remettant en question un modèle traditionnel, linéaire, du développement scientifique :

Dans les années 1980, les politiques scientifiques changent de cap. D'une part, le financement de la recherche par les États, généreux jusque là, commence à faiblir ; le modèle linéaire tend à être remis en question : il faut se préoccuper de rentabiliser la recherche, l'ouvrir à l'économie comme à la société (Comets, 2010, p. 11).

Dans le cas américain, Biddle note que

nous sommes témoins, actuellement, de changements profonds dans la manière dont la recherche scientifique américaine est menée. En 1964, 30,8 % de la R&D était financée par l'industrie, alors que 66,8 l'était par le gouvernement fédéral. Ce rapport s'est renversé du tout au tout : en 2004, 63,8% de la R & D nationale était financée par l'industrie, contre 29,9 % par les pouvoirs publics (Biddle, 2011, p. 245)⁵⁸.

L'adoption du *Bayh-Dole Act*, en 1980, est considérée comme l'acte fondateur de cette transition⁵⁹.

Si l'on se fie aux discours précédents défendant l'autonomie scientifique, cette tendance est critiquable à différents niveaux. Outre le fait qu'elle tend à imprégner la recherche de valeurs (commerciales, manageriales) qui ne sont pas les siennes, elle promeut une forme d'utilitarisme nocif pour sa fécondité épistémique. Plus précisément, la recherche fondamentale serait mise à mal dans le cadre de cette nouvelle organisation de la recherche. Si l'on accepte l'équivalence entre recherche libre et recherche fondamentale, cela revient à dire que c'est la *liberté de recherche* elle-même qui est menacée, puisque toute prise en compte de considérations pratiques est vue comme une contrainte sur l'enquête.

⁵⁸Les mêmes analyses se retrouvent dans Brooks (1996), p. 31 ; Guston (2000), p. 141

⁵⁹Les dispositions législatives encadrant le Bayh-Dole Act ont été abondamment analysées, notamment par Slaughter et Rhoades (2004). Son objectif est de promouvoir le développement d'une recherche guidée par l'application, en autorisant les entreprises et les universités à obtenir des brevets sur la base de résultats acquis dans le cadre de recherches financées par le gouvernement fédéral.

I.2.3.1 Liberté de recherche et ouverture au marché

Ainsi peut-on supposer, au premier abord, que tout discours faisant la promotion de l'ouverture de la science au marché renie dans le même temps l'importance d'une forme d'autonomie dans le choix des directions de la recherche. Or, il existe une ligne de défense néo-libérale de ce projet d'ouverture qui reste pourtant attaché à l'idéal de liberté de recherche. Les arguments proposés au sein de ce discours nous semblent importants pour bien comprendre les enjeux de la question de l'autonomie scientifique. Comme le rappelle Biddle (2011), Keyworth, conseiller scientifique du président Reagan et père du Bayh-Dohl Act, est certainement l'un des représentants les plus éloquents de cette lecture particulière du problème du financement de la science. Dans une série d'articles publiés dans *Science* (Keyworth, 1982, 1983b,a, 1984), il développe une justification de l'ouverture de la science au marché, sur la base d'arguments d'obédience néo-libérale. Pour Keyworth, les universités et les laboratoires publics (ce qu'il appelle le « basic research establishment » (Keyworth, 1983a, p. 1123)) gagneraient beaucoup à développer des connections plus étroites avec le monde industriel. Il défend ainsi la création « d'interfaces stimulantes entre certaines universités et certaines industries » (Keyworth, 1982, p. 609). Dans ce cadre, l'isolationnisme de la science fondamentale n'est pas vue comme garante d'une liberté de recherche, mais comme barrière à l'épanouissement de collaborations fructueuses :

Le progrès technologique américain souffre grandement des barrières artificielles dressées entre l'industrie et l'ensemble des centres de recherche fondamentale (*the bulk of the basic research establishments*). La plupart des chercheurs universitaires travaillent toujours en étant isolés de l'expertise de l'industrie, ainsi que de l'expérience et de la supervision du marché (Keyworth, 1983b, p. 1123).

Le *marché* est donc perçu comme une puissance émancipatrice. En « stimulant » la recherche, il lui ouvre de nouvelles opportunités et permet ainsi de parachever la conquête de la liberté scientifique. Il s'agit donc de substituer à la structure traditionnelle de la recherche publique, dont on dénonce les lourdeurs bureaucratiques, une économie de marché, seule à même de garantir une liberté d'entreprise effective.

Est-ce à dire que Keyworth dénigre pour autant la nécessité de mener une recherche fondamentale ? Au contraire, il défend explicitement plusieurs propositions de V. Bush et principalement l'importance de soutenir la recherche fondamentale au niveau fédéral. « Il est évident qu'un financement stable de la recherche fondamentale doit être une grande priorité pour nous tous », affirme-t-il avant d'ajouter que « ce financement doit être suffisamment important pour permettre de profiter

de toutes opportunités intellectuelles » (Keyworth, 1983a, p. 1124). Et dans l'esprit de Keyworth, ces opportunités seront d'autant plus diverses que seront « abattues les barrières entre les sciences industrielles et l'ensemble des centres de recherche fondamentale » (*Ibid.*, p. 1123). Biddle relie cette doctrine aux travaux de Etzkowitz et Leydesdorff qui, à travers leur description de la « Triple-Hélice Universités-Industrie-Gouvernement » (Etzkowitz et Leydesdorff, 2000), défendent ce qu'ils appellent un « modèle linéaire assisté des politiques scientifiques ». Leur idée est de développer des coopérations plus fortes entre les agences fédérales de financement, les universités et les établissements privés, de manière à stimuler à la fois la fécondité épistémique de la recherche et l'efficacité de la traduction de ses résultats en produits commercialisables. Etzkowitz défend des idées proches de celles de Keyworth, en ciblant ses arguments – époque oblige – sur le cas des industries de haute technologie. Son propos a pour but de défendre une optimisation du processus de « génération des entreprises de haute technologie à partir de la recherche académique » (Etzkowitz, 2006, p. 317). Pour ce faire, le monde académique doit se tourner résolument vers le marché, tout en gardant ses fonctions classiques de promotion de la recherche fondamentale et d'éducation. Dans un esprit très keywortien, l'auteur soutient ainsi que

l'université entrepreneuriale (...) est une université de recherche qui traduit ses résultats en applications à travers une grande variété de mécanismes tels que les contrats avec des firmes privées, le brevetage, l'octroi de licences, donnant ainsi à l'université certains aspects d'une entreprise (*business*), tout en gardant ses fonctions classiques. Ainsi, une telle université internalise des fonctions commerciales d'une manière qui soit compatible avec la recherche et l'enseignement (Etzkowitz, 2006, p. 319).

L'idée maîtresse ici, qui est également celle de Keyworth, est qu'un modèle linéaire *stricto sensu* pêche par excès de naïveté. S'il est vital de maintenir à un niveau important une recherche fondamentale universitaire telle que celle promue par Bush (1945), il faut se rendre à l'évidence : les applications ne découlent pas *naturellement* de la science pure. Maintenir les communautés de chercheurs dans un état d'isolement par rapport à la « réalité du marché » (Keyworth, 1983a, p. 1124) n'optimise ni la fécondité épistémique de l'enquête, ni son utilité pratique. Le modèle linéaire doit donc être *assisté* pour remplir pleinement ses promesses et rendre effectif le transfert vers la société des savoirs théoriques.

Les propositions de Keyworth s'inscrivent clairement dans le cadre des réformes néo-libérales menées par Reagan dans les années 1980 (Biddle, 2011). Ouvrir la science à l'économie de marché

répond parfaitement à cette doxa. Les particularités du monde universitaire, son organisation disciplinaire, son isolement de la sphère économique, sont directement associées aux contraintes exercées par un État fédéral trop présent : ouvrir la recherche, c'est avant tout la libérer d'obligations imposées par un pouvoir inhibant la liberté individuelle. Dans ce cadre, la liberté de recherche est conçue comme la possibilité laissée aux chercheurs de collaborer comme ils le souhaitent, avec qui ils le souhaitent. Le Bayh-Dole Act est exemplaire de cette défiance envers l'intrusion de l'État dans le secteur privé. L'idée est en effet de « retirer les barrières imposées par le gouvernement entre la recherche scientifique et le marché » (Biddle, 2011, p. 247). Il s'agit ainsi « d'étendre le domaine des échanges volontaires au sein duquel opèrent les scientifiques » (*Id.*). En d'autres termes, l'isolationnisme dans lequel l'État tend à maintenir la recherche, loin de garantir sa liberté, la bride. On ne sera donc pas surpris de noter l'opposition farouche de Keyworth à toute planification étatique des objectifs de la science. Face aux courants prônant une orientation de la science par les gouvernements⁶⁰, il manifeste son scepticisme quant à « l'aptitude du gouvernement à planifier avec succès la recherche ; en particulier, il maintient que la planification étatique étouffe la liberté individuelle et la créativité » (Biddle, 2011, p. 252). On retrouve donc ici les arguments classiques rencontrés dans les discours de défense de l'autonomie. En particulier, la ligne libérale utilisée par Keyworth est remarquablement proche de celle défendue par Polanyi. Biddle note ainsi que Keyworth s'inspire directement, dans son éloge des échanges volontaires entre les scientifiques, des arguments contre le socialisme présentés par les économistes libéraux von Mises et Hayek (*Ibid.*, p. 253). Dans cette optique, le *libre marché*, garantissant des échanges *volontaires* entre les individus, offre un système optimal permettant de gérer, de transmettre et de faire fructifier l'information. Il est inutile ici de s'appesantir sur ce thème : nous l'avons déjà développé en présentant les positions de Polanyi. Et pour cause : le pensée de Keyworth peut être interprétée comme le point d'aboutissement logique de toute défense de la liberté de recherche. Si l'on suit jusqu'au bout la logique libérale de Polanyi, l'État se doit de n'exercer aucune contrainte sur la marche des sciences : garantir la liberté individuelle du chercheur doit être l'unique point de mire de toute politique scientifique. Or, pour

⁶⁰Comme le note Biddle, les attaques de Keyworth visent principalement les approches développées « au moins depuis les années 1930, [affirmant que] le gouvernement ne doit pas seulement jouer un rôle dans le financement de la recherche, mais aussi dans la détermination des problèmes à traiter ». À ce propos, il ajoute qu'« un élément important de la planification gouvernementale portait sur l'importance de diriger la recherche vers des objectifs sociaux spécifiques. Le socialiste et physicien anglais Bernal était l'un des grands défenseurs de ce modèle dans les années 1930 et 1940 et Kilgore, sénateur américain, en a défendu une version dans les années 1940 et 1950 » (Biddle, 2011, p. 251).

Keyworth, cette liberté individuelle inclut nécessairement la mise à bas de toute limitation dans les collaborations que développent les chercheurs et dans les objectifs qu'ils se fixent. Pour la doxa néo-libérale, l'ouverture au marché parachève ainsi la conquête de la liberté scientifique. Il apparaît donc, de ce point de vue, contradictoire d'attaquer la « mercantilisation » de la science tout en défendant son autonomie. De manière intéressante, dans le cadre de cette défense néo-libérale de la liberté de recherche, une science « libre » n'est pas nécessairement théorique et fondamentale. Réciproquement, une science tournée vers des problèmes pratiques ne doit pas nécessairement être pensée comme *contrainte*. Finalement, ces arguments posent donc la question de la fécondité épistémologique d'une telle science orientée par le souci de l'utile. Nous présenterons dans le chapitre suivant des positions plus élaborées valorisant ce contexte d'application.

I.3 Bilan

Dans les sections précédentes, nous avons cherché à dresser une typologie visant à faire émerger les principaux arguments à prendre en compte pour penser le lien entre l'autonomie du champ scientifique et sa fécondité épistémologique. Rappelons brièvement les principales lignes de force que nous avons ainsi mises au jour. Un premier type de discours défend une forme de liberté *individuelle* du scientifique. La figure singulière du chercheur, n'écoulant que sa curiosité pour un savoir fondamental détaché des contraintes de l'utile, constitue alors le moteur d'une recherche créative et innovante. Dans ce cadre, un principe d'autonomie doit maximiser la latitude offerte à chaque individu pour poursuivre les objectifs qu'il se fixe. Un deuxième type d'argumentaire considère l'autonomie comme un principe d'auto-gouvernance de la communauté scientifique dans son ensemble et axe donc sa critique sur la présence de contraintes externes orientant l'enquête. L'argument clé de ce discours utilise la notion d'imprévisibilité, ou de sérendipité de l'enquête, afin de démontrer que toute tentative de guidage est, dans son principe même, absurde et intenable. Cette idée est complétée par une assimilation, commune à ces deux premiers types de discours, des concepts d'autonomie, de liberté scientifique et de recherche pure ou fondamentale : l'autonomie est pensée comme la liberté, concédée à l'échelle individuelle ou collective, de mener une recherche sans objectif autre que celui de connaître. Un contraste important peut dès lors être établi avec une troisième ligne argumentative, prônant toute à la fois une forme de liberté de recherche et une orientation de la science par le souci de l'utile. Un précepte d'autonomie bien compris doit, dans ce cadre, passer par une dissolution des barrières artificiellement érigées entre la sphère économique et la science, sous couvert de protéger son autonomie. Ce type d'argumentaires permet donc de considérer la possibilité de penser

un contexte d'application qui ne soit pas incompatible, bien au contraire, avec un principe de libre enquête.

Nous proposons, pour clore ce chapitre, de montrer qu'il est possible de reconstruire à partir de ces différents arguments deux thèses fortes structurant les discours pro-autonomie. Notre hypothèse est que ces deux thèses, que nous qualifions respectivement de « libérale » et d'« anti-utilitariste », fondent plus ou moins explicitement la plupart des prises de position en faveur de l'autonomie du champ scientifique d'une part et de la liberté de recherche d'autre part. Il est donc crucial, pour répondre à notre problématique, de les considérer sérieusement et d'en bâtir une analyse critique apte à en saisir la portée et les limites. Présentons tout d'abord une formulation possible pour chacune de ces deux thèses.

I.4 Deux thèses pro-autonomie

La première de ces thèses (thèse I, libérale) porte sur la manière dont sont prises les décisions (qui décide?) et oppose la liberté individuelle du chercheur (gage de créativité) à la centralisation des décisions (facteur de conservatisme). La seconde de ces thèses (thèse II, anti-utilitariste) s'intéresse à l'*objet* même de la recherche (ce qui est décidé) et oppose la science fondamentale, traitant de questions exclusivement épistémiques ou cognitives et la science appliquée ou inspirée par l'usage. Notons dès à présent que ces thèses sont *reconstruites* : elles ne sont jamais distinguées de cette manière dans les discours (elles y sont, à l'inverse, souvent mêlées). Il nous semble cependant que la reconnaissance de leur indépendance logique rend pleinement justice aux positions pro-autonomie, tout en permettant de grandement clarifier les enjeux du débat.

I.4.1 La thèse libérale

La première de ces thèses pro-autonomie oppose, indépendamment de la nature même des objectifs (cognitifs ou pratiques) de la recherche, la science libre à la science orientée, programmée, finalisée, stratégique, ou sur projet⁶¹. Dans ce cadre, la liberté du chercheur (ou du groupe de recherche, de la communauté...) est associée à la créativité, à l'innovation, à la diversification des directions d'investigation et les contraintes pesant sur lui sont décrites comme des facteurs de « conserva-

⁶¹La non distinction entre ces différentes catégories contribue sans doute grandement à leur opacité. Leur clarification sera l'un des enjeux de ce travail.

tisme ». Afin de clarifier la formulation de cette thèse, nous proposons ici d'en considérer deux déclinaisons distinctes.

La première (I(i)) pose que laisser les scientifiques libres de suivre leur « propre curiosité » les pousse à diversifier la recherche en ouvrant de nouveaux champs d'étude. Introduisons ici une notion classique, que nous serons amenés à retravailler par la suite : celle de *fécondité* de la recherche. Traditionnellement, la notion de fécondité épistémique désigne une propriété applicable aux théories scientifiques. Comme le notait récemment Schindler (2017), plusieurs acceptions de ce concept ont été développées dans l'histoire de la philosophie des sciences. L'auteur distingue trois familles de définition. La première, qu'il rattache notamment aux travaux de Kuhn (1977c)⁶², interprète la fécondité épistémique en termes de capacité à apporter de « nouveaux succès », c'est-à-dire à faire de nouvelles prédictions ou à découvrir de nouveaux phénomènes. Pour Schindler, cette notion de fécondité est souvent liée à un certain « prédictivisme », à savoir :

La thèse selon laquelle ce sont les observations *prédites* avec succès qui comptent plus dans la confirmation d'une théorie (...). Deux formes importantes de prédictivisme ont été proposées. Selon le prédictivisme temporel, une preuve E est nouvelle vis-à-vis de la théorie T qui en rend compte si T a été formulée avant que E ait été découverte. Selon le prédictivisme heuristique, une preuve E est nouvelle vis-à-vis de T si E n'a pas été utilisée dans la construction de T (Schindler, 2017, p. 152).

De manière générale, ce premier sens de la notion de fécondité épistémique valorise la capacité d'une théorie à découvrir et expliquer de nouveaux phénomènes.

Un deuxième sens a été proposé par McMullin (1976, 1982). Pour lui, une théorie est féconde si

elle prouve qu'elle possède des ressources imaginatives (...) permettant d'accommoder les anomalies et d'opérer des extensions nouvelles. C'est la capacité à long terme de la théorie ou du programme de recherche à générer des additions et des modifications fructueuses qui doit être prise en compte (McMullin, 1982, p. 16).

Plus précisément, une théorie féconde est capable de se modifier de manière non *ad hoc* pour prendre en compte des anomalies. Et en retour, ces modifications sont non *ad hoc* lorsqu'elles résultent d'un *dés-idéalisation* des hypothèses de base (Schindler, 2017, p. 157). En d'autres termes, ce qui est important alors est l'aptitude d'une théorie à s'appliquer à un grand nombre de cas particuliers,

⁶²Rappelons ici que Kuhn (1977c) fait de la fécondité épistémique (« epistemic fruitfulness/fertility ») l'une des cinq vertus cognitives utilisées pour juger de la valeur d'une théorie.

en adaptant ou précisant les hypothèses de base qui la fondent⁶³.

Enfin, Schindler (2017) rapporte également la définition que donne Lakatos (1970) du concept de fécondité épistémique, mobilisant « la notion notoirement vague d’heuristique positive des programmes de recherche » (Schindler, 2017, p. 153). Il rappelle que les « heuristiques positives » indiquent, chez Lakatos, la manière dont la « ceinture protectrice » des programmes de recherche est construite et modifiée pour bâtir « des modèles de plus en plus complexes décrivant la réalité » (*Ibid.*, p. 158). Ce sont ces heuristiques positives qui permettent au programme de recherche de réaliser les prédictions garantissant sa fécondité. On retrouve donc, ici, une idée très kuhnienne de fécondité comme obtention de nouveaux succès empiriques.

Pour Schindler, ces définitions sont toutes insatisfaisantes, chacune à leur façon. D’une part, la stratégie de McMullin, visant à penser la fécondité d’une théorie comme sa capacité à être modifiée, se base sur une distinction floue entre dés-idéalisation et changements *ad hoc*. Schindler montre ainsi que l’approche de McMullin ne rend pas bien compte de la manière dont sont pensées, par les scientifiques eux-mêmes, les adaptations, extensions et modifications de la théorie (*Ibid.*, p. 165). D’autre part, la perspective de Kuhn et Lakatos donne un rôle central à la notion de succès empiriques. Ils adoptent donc « une vision purement empirique de la science, où tout ce qui compte pour les scientifiques est de sauver l’adéquation empirique de leurs théories » (*Ibid.*, p. 169). Pour l’auteur, cette lecture simplifie par trop la dynamique de la science, qui, selon lui, offre de nombreux exemples de changements théoriques effectués en dehors de tout souci d’acquiescer de « nouveaux succès »⁶⁴. En conséquence, « cette focalisation récente sur la notion de nouveau succès échoue à capturer une dimension importante de la manière dont les théories sont appréhendées » (*Ibid.*, p. 170). Et finalement, il est nécessaire, pour Schindler, de trouver une définition « plus robuste » au concept de fécondité épistémique. Nous proposerons alors, dans le chapitre IV, une conception pragmatiste de la fécondité épistémique comme capacité des pratiques scientifiques (et non plus des théories) à géné-

⁶³Cette lecture du concept de fécondité peut être rattachée, comme nous le verrons, à l’antagonisme entre « théorie générale » et « théories spécialisées » des défenseurs de la *finalization thesis* (Böhme, *et al.*, 1976, Böhme, *et al.*, 1983), et plus récemment, à la notion de « modèle local » de Carrier (2004b). Pour éclaircir l’idée défendue par McMullin, citons simplement l’exemple des équations de Navier-Stokes, extensivement développé par les auteurs cités. Cet ensemble d’équations fondamentales se sont révélées *fécondes* au sens de McMullin, dans le sens où elles ont pu être appliquées, moyennant certaines modifications ou précisions, à un grand nombre de phénomènes d’écoulement (fluides newtoniens, non-newtoniens, dynamiques turbulentes...) : voir Böhme *et al.* (1983) p. 53, pour les détails de l’argument.

⁶⁴Il développe ici le cas du modèle de l’atome de Bohr, exemple phare des arguments de McMullin.

rer des problèmes *authentiques* (au sens de Dewey, 1938). C'est cette variable que nous chercherons alors à valoriser dans le schéma de financement de la recherche que nous proposerons dans la partie 4.

Pour l'heure, si l'on accepte la définition classique de cette notion, la thèse I stipule que liberté de recherche augmente la fécondité épistémique du champ scientifique, en *optimisant sa capacité à poser des problèmes nouveaux aptes à étendre notre connaissance du monde naturel*.

La seconde (I(ii)), qui prendra tout son sens lorsque nous traiterons de la question de la division du travail cognitif (chapitre III), estime que la résolution d'un problème, une fois celui-ci posé, est elle-aussi optimisée par un principe d'autonomie maximisant la liberté individuelle. La métaphore du puzzle proposée par Polanyi est ici éclairante : étant donné un ouvrage commun (par exemple, l'unification des lois de la physique au sein du modèle standard), un ordre « polycentrique », multipliant les centres de décision (en accordant une large liberté individuelle aux chercheurs), en optimise la réalisation.

Notons ici que la liberté individuelle mise en avant dans cette thèse I ne saurait être entendue de manière trop littérale, sous peine d'être immédiatement disqualifiée. De manière à rester charitable avec les discours pro-autonomie, nous considérerons que cette défense de la liberté de recherche s'appliquerait de la même manière à une échelle excédant l'individu (par exemple, celle du groupe de recherche). Le point important est l'idée selon laquelle la multiplication des centres de décision au sein du champ scientifique (ordres « polycentriques » de Polanyi) procure un avantage épistémique par rapport à une gouvernance plus centralisée (ordres « monocentriques »). Les thèses I(i) et I(ii) postulent ainsi que le principe d'autonomie scientifique, en tant qu'il offre une liberté importante à des individus (ou à des petits groupes d'individus), optimise la fécondité épistémique du champ scientifique.

I.4.2 La thèse anti-utilitariste

La deuxième thèse structurant les discours pro-autonomie se focalise sur la *nature* des objectifs de la science – indépendamment des modalités de leur formulation. L'idée générale qu'elle véhicule est que la présence d'enjeux pratiques diminue la fécondité épistémique de la recherche. Cette thèse repose donc sur une opposition stricte entre les sciences dites pure ou fondamentale et appliquée ou inspirée par l'usage. Cette opposition est elle-même bâtie sur la distinction nette des objectifs de la science : la première possède des objectifs exclusivement cognitifs, ou épistémiques – c'est-à-dire ne

présentant pas d'autres enjeux que la connaissance pure du monde naturel. La seconde, à l'inverse, se base sur un savoir déjà acquis pour l'appliquer à des situations spécifiques, en fonction des besoins « pratiques » exprimés à l'extérieur du champ scientifique.

I.4.3 Enjeux épistémologiques

Les deux thèses que nous proposons ont été *reconstruites* à partir de notre typologie des arguments défendant un principe d'autonomie scientifique. Leur analyse a donc vocation à apporter des éléments de réflexion à ces discussions. Cependant, il faut bien voir qu'au delà de ce contexte polémique, elles soulèvent des enjeux épistémologiques fondamentaux. Premièrement, l'opposition entre liberté individuelle et centralisation appelle à une réflexion sur la manière dont sont identifiés et collectivement sélectionnés, filtrés, à l'intérieur même du champ scientifique, les problèmes jugés importants à résoudre. Sous-jacente à la question de l'organisation du financement de la recherche se pose donc celle de la dynamique de construction des connaissances et de la logique interne à la recherche scientifique. En particulier, au cœur de la promotion contemporaine de la diversité épistémique, se loge l'opposition (classique) entre conservatisme, conformisme et innovation, création, exploration. Se demander si la centralisation nuit nécessairement à la diversité des pistes de recherche (ou, plus fondamentalement, si la diversité elle-même est une bonne chose) n'a pas de sens si l'on ne présente pas, de manière explicite, un modèle de la manière dont les questions sont, très concrètement, posées au sein du champ scientifique. Ici, nous montrerons que les grands systèmes décrivant la marche des sciences, tels que ceux de Kuhn et Lakatos, répondent imparfaitement à cette question. Ils mobilisent en effet une conception de la dynamique de la recherche trop centrée sur les théories et pas assez sur la pratique scientifique elle-même – pratique scientifique qui dépasse largement la simple activité de théorisation. Nous opterons alors pour une perspective pragmatiste sur cette dynamique, inspirée par la *Logique* de Dewey, dont nous proposons une lecture renouvelée à la lumière d'études de cas et de travaux plus contemporains en philosophie des sciences (partie 2).

Deuxièmement, la thèse II (anti-utilitariste) nous invite à penser cette dynamique de construction des connaissances en prenant en compte l'influence des contraintes externes sur le développement des connaissances. En reprenant le concept deweyien de *situation*, nous considérons (partie 3) la manière dont les différents niveaux de la pratique scientifique (depuis ses aspects les plus techniques jusqu'à la recherche de théories générales) sont enchâssés, emboîtés à des pratiques extérieures au

champ scientifique. Ce sont les connexions entre ces pratiques et entre les problèmes endogènes et exogènes qu'elles soulèvent, qui définissent les problèmes *authentiques* (au sens deweyien du terme) que le champ scientifique cherche à résoudre. L'enjeu pour nous est alors de montrer comment cette interaction se révèle féconde sur le plan épistémique, et pour revenir à la dimension politique du débat, de mettre au jour certaines conditions institutionnelles susceptibles de promouvoir cette fécondité (partie 4).

I.4.4 Indépendance des deux thèses

Les deux thèses précédemment évoquées convergent dans la défense d'une forme d'autonomie institutionnelle hostile au pilotage de la recherche. Cependant, chacune s'attaque à un aspect particulier de cette notion de pilotage. La thèse libérale s'oppose à la *centralisation* et à l'*orientation* des décisions, par exemple par des agences de financement sélectionnant les projets, éventuellement sur la base d'objectifs prédéfinis. Le domaine de validité qu'elle vise excède la question de l'externalité vis-à-vis du champ scientifique : en effet, comme nous le verrons, elle peut également être utilisée pour remettre en cause le principe même de l'évaluation par les pairs, que celle-ci soit soumise ou non à des contraintes externes, comme bridant la liberté individuelle du chercheur. La seconde thèse s'attaque à l'*externalisation* du pilotage, en l'associant à l'importation épistémiquement néfaste d'un certain souci de l'utilité sociale, politique ou économique au sein du champ scientifique.

L'hypothèse que nous formulons à ce stade est que ces deux thèses peuvent et doivent être considérées de manière indépendante. Il ne s'agit pas là uniquement d'une injonction méthodologique. Leur association est en effet liée à certaines idées d'arrière-plan qui ne nous semblent pas justifiées. En effet, il est tout à fait possible de concevoir une science totalement libre, guidée par une *certaine forme* de curiosité et occupée à la résolution de problèmes dont la pertinence pratique est immédiate. Il serait ainsi inconsistant d'affirmer qu'un chercheur travaillant à la recherche du Boson de Higgs est nécessairement plus libre d'une part, et qu'il se dédie à sa tâche avec plus de curiosité d'autre part, qu'un Pasteur élaborant un vaccin contre la rage, ou qu'un Thomas Edison mettant au point le principe de l'ampoule à incandescence. La nature des objectifs poursuivie n'a *en droit* rien à voir avec le degré de contrainte auquel sont soumis les scientifiques. Pour affirmer l'inverse, il est nécessaire, comme nous le rappellerons dans le chapitre suivant, de poser qu'un chercheur idéalement libre serait par nature plus enclin à poser et à résoudre des problèmes purement cognitifs. Bien sûr, on pourra rétorquer que *dans les faits*, la présence de contraintes pesant sur le champ scientifique

est plus souvent liée à la volonté d’obtenir un savoir qui soit immédiatement utile. Certes, mais pour comprendre ce qui, dans cette situation, affecte (ou non) la fécondité épistémique de la science, il est nécessaire d’en examiner séparément les deux dimensions : le fait qu’il y ait des contraintes, d’une part et la nature de ces contraintes, d’autre part. Ainsi, la thèse I et la thèse II, formant la charpente de la majorité des discours défendant une forme plus ou moins radicale d’autonomie du champ scientifique, gagnent sans aucun doute à être étudiées séparément.

I.5 Conclusion

Le point de départ de notre démarche a consisté à prendre au sérieux les argumentaires pro-autonomie dont nous avons proposé une typologie dans ce chapitre. Les prendre au sérieux, cela implique d’une part de ne pas être dupe du contexte conflictuel dans lequel ils s’inscrivent et qui sacrifie parfois la rigueur des arguments à l’emphase rhétorique ; mais cela implique également, d’autre part, de reconnaître qu’ils posent des défis réels aux contempteurs contemporains de l’autonomie scientifique. Pour ce faire, nous avons tout d’abord reconstruit deux thèses que nous proposons de considérer comme indépendantes. Elles soulèvent en effet des enjeux épistémologiques qui leur sont propres et qui méritent une analyse critique approfondie. Il nous paraît nécessaire, dans un second temps, de disqualifier dès à présents certains arguments *pro* ou *contra* qui semblent peu pertinents au regard de notre problématique et de procéder à quelques remarques préliminaires permettant de mieux baliser notre champ de réflexion.

CHAPITRE II

UNE PROPOSITION DE CLARIFICATION

II.1 Introduction

Les trois types d'argumentaires identifiés dans le chapitre précédent constituent très clairement la principale force d'opposition épistémologique au pilotage de la recherche, que celui-ci passe par une finalisation, une centralisation ou une externalisation des décisions. Nous avons montré comment, à partir de ces différents discours, pouvaient être reconstruites deux thèses synthétiques qui, bien qu'indépendantes logiquement, sont souvent mêlées dans les argumentaires. Afin de prendre au sérieux ces deux thèses, comme porteuses d'informations susceptibles de pouvoir contribuer à contraindre les conditions du pilotage, il est nécessaire d'en clarifier la portée et les limites. À cette fin, le présent chapitre s'attache à disqualifier en première instance certains arguments classiques *pro* ou *contra* ces deux thèses. Le premier consiste, en dénonçant le « mythe de la science pure », à retirer toute légitimité aux revendications d'autonomie émanant du champ scientifique. La mise en évidence conjointe de différents types d'impuretés dans la pratique de la recherche conduit à ériger, puis à abattre un homme de paille que personne ne songerait à défendre – celui d'une science « pure » à la fois totalement imperméable aux valeurs non épistémiques, étrangère à la technique et à la technologie, éloignée des considérations pratiques et conduite par des chercheurs désincarnés, sans autres intérêts que le progrès des connaissances. Le second concerne les plus évidentes dérives de l'idéal de liberté de recherche : premièrement, la critique en bloc du processus d'évaluation par les pairs ; deuxièmement, le postulat selon lequel toute science libre est forcément mue par la seule curiosité ; troisièmement, l'opposition entre liberté et présence d'objectifs ; quatrièmement, la valorisation implicite et non justifiée de la notion de diversité épistémique. Ces points nous semblent constituer des bornes à poser dès maintenant à toute défense d'un principe d'autonomie scientifique. Enfin, la troisième remarque que nous souhaitons formuler à ce stade a trait au problème de la *généralité* des arguments échangés dans les débats sur l'autonomie scientifique : peut-on réellement

considérer qu'il existe une réponse unique, indépendante de la nature des objets étudiés ?

II.2 La science en contexte d'application

Comme nous l'avons montré, les arguments classiques plaçant pour l'autonomie scientifique tend à assimiler science libre et science fondamentale. Le souci de l'utile est perçu comme une contrainte qui affecte la fécondité épistémique de la recherche. Une des stratégies possibles pour remettre en cause l'autonomie de la recherche consiste alors à souligner la prégnance d'un certain *contexte d'application* présidant au progrès scientifique. Cette ligne de discussion semble avoir connu un regain d'intérêt ces dernières années suite aux travaux récents portant sur les modifications actuelles de l'organisation de la recherche, travaux alléguant qu'

en termes d'objectifs poursuivis, la recherche universitaire tend à ressembler de plus en plus à la recherche dans les laboratoires industrielles. Les institutions publiques et privées définissent leurs problèmes de recherche d'abord comme des projets pratiques. La connaissance scientifique est produite dans un contexte d'application ; et la recherche orientée par l'application n'est en aucun cas comparable à un transfert accru du savoir fondamental vers des défis pratiques. En Europe, la désignation la plus courante de ce changement est la « recherche de Mode 2 » (...). Aux États-Unis, les appellations les plus populaires utilisent les expressions de science « post-académique » ou « entrepreneuriale » (Carrier, 2011a, p. 2).

Carrier décrit ici l'émergence et le développement d'une recherche qu'il appelle *orientée par les applications* (« application-oriented research »). Il la distingue d'une recherche « épistémique » par les objectifs qu'elle poursuit : « la recherche orientée par les applications peut être distinguée de la recherche épistémique en se référant aux objectifs premiers qu'elle cherche à servir » (Carrier, 2011a, p. 12). Comment définir cette notion de science orientée, forme d'intermédiaire entre une recherche pure et appliquée ? Stokes (1997) propose, pour éclairer cette question, de retracer la genèse du concept. Il attribue l'une de ses premières occurrences à un discours prononcé en 1964 par le directeur de la NSF, Waterman, qui établit explicitement une différence entre la recherche fondamentale « libre » et « orientée ». Il précise que les deux partagent une démarche d'« exploration de l'inconnu », mais que la première est menée uniquement pour son intérêt scientifique, alors que la seconde est, de près ou de loin, inspirée par des questions pratiques. Cette dernière est ainsi dirigée

par les choix des agences de financement⁶⁵. Stokes cite ensuite un rapport rédigé par Brooks en 1967 à l'intention du *Committee on Science and Astronautics* du Congrès américain, dans lequel le physicien décrit la « recherche fondamentale orientée » (*oriented basic research*) comme un champ ou le scientifique « choisit » ou « est assigné à » des travaux influencés par une probable applicabilité. Il précise que « le détail des choix peut être entièrement gouverné par des critères scientifiques internes » (Stokes, 1997, p. 62). La notion de science orientée apparaît ici dans toute sa subtilité. Le caractère externe de l'orientation doit en effet être relativisé : cette orientation peut être, à différents niveaux, le fruit de décisions *autonomes* du champ scientifique.

À un niveau plus officiel, Stokes remarque ensuite les évolutions prises par le *Manuel de Frascati* entre 1963 et 1970⁶⁶. Il note l'introduction d'une catégorie nommée « science fondamentale orientée », faisant écho aux prises de position de Waterman et de Brooks : « dans la recherche fondamentale orientée, l'organisation employant l'investigateur dirige son travail vers un champ présentant un intérêt scientifique, économique ou sociétal » (Stokes, 1997, p. 65). La notion d'orientation appelle ainsi à une nouvelle nuance : l'orientation peut être externe (c'est-à-dire, imposée par le financeur), tout en étant guidée par un intérêt purement scientifique. On le voit donc, la simple évocation de quelques discours portant sur la définition même de la science orientée suffit à faire surgir toute la complexité de cette notion. Elle recouvre différentes intuitions qu'il nous faudra clarifier.

La première d'entre elles porte sur la valeur épistémique à accorder à une science orientée par le souci de l'utile. S'il est possible de concevoir un champ de recherche fondamentale motivé, de près ou de loin, par des questions pratiques, c'est que la pure curiosité n'est sans doute pas l'unique moteur d'une science de qualité. Donald Stokes a formalisé cette intuition à travers sa notion de « science

⁶⁵La citation complète est la suivante : « il y a eu une augmentation constante du soutien accordé à un type de recherche fondamentale qui peut être nommée “orientée par des missions” (*mission-oriented*) – c'est-à-dire, qui a pour but de résoudre des problèmes pratiques. Une telle recherche se distingue de la recherche appliquée en ce que le chercheur n'est pas astreint à fournir des résultats ayant une importance pratique ; il est toujours autorisé à explorer l'inconnu en suivant la route de son choix. Mais elle diffère de la recherche fondamentale libre en ce que les agences de financements ont le souci de l'utile et espèrent que les résultats renforceront ses missions pratiques (...). Donc, la recherche fondamentale peut être divisée en une recherche “libre”, menée simplement pour ses retombées scientifiques, et une recherche liée à des missions » (cité par Stokes, 1997, p. 61).

⁶⁶Le *Manuel de Frascati* désigne l'ouvrage (dont l'intitulé complet est *Méthode type proposée pour les enquêtes sur la recherche et le développement expérimental*) servant de base aux enquêtes statistiques sur la recherche et le développement au sein de l'OCDE. Il est au centre des travaux d'analyse des systèmes nationaux d'innovation. Publié initialement en 1963 à la suite d'une réunion d'experts sur les statistiques de R&D, conduite à la Villa Falconieri, à Frascati en Italie, il a été plusieurs fois réédité.

fondamentale inspirée par l'usage » (*use-inspired basic research*), qu'il présente explicitement comme une alternative au modèle linéaire proposé par Bush. À la représentation unidirectionnelle joignant la science pure à la science appliquée, Stokes oppose un modèle bidimensionnel. L'espace est quadrillé par deux axes : l'un interroge l'intérêt pour les questions fondamentales (« quest for fundamental understanding ») et l'autre l'importance des considérations utilitaires (« considerations of use »). Il définit ainsi trois « quadrants » : la recherche pure (« pure basic research »), la recherche inspirée par l'usage (« use-inspired basic research ») et la recherche appliquée (« pure applied research ») (Stokes, 1997, p. 73). À cette typologie, il associe des noms. Le premier quadrant est celui de Niels Bohr, dont la « quête pour un modèle de la structure atomique était un pure découverte de l'inconnu » (*Id.*). Au second est attachée la figure de Louis Pasteur, qui a « étendu les frontières de la connaissance [en étant] inspiré par des considérations utilitaires » (p. 64). Enfin, la figure-type de la recherche appliquée est Thomas Edison, inventeur « guidé par des objectifs appliqués [et qui ne cherchait pas] de compréhension plus générale des phénomènes » (p. 64).

On peut certes reprocher à Stokes de manquer de précision dans la définition de son « Pasteur's Quadrant ». Il y inclut notamment des thèmes de recherche très différents, tels que « les travaux de Keynes, la recherche liée au projet Manhattan et la physique des surfaces de Langmuir » (p. 74). La seule présence d'une visée utilitaire plus ou moins lointaine suffit ainsi à faire rentrer une recherche dans la catégorie « inspirée par l'usage » – que son objet soit le système immunitaire, la macroéconomie ou la fission de l'atome. Or, il est probable que la notion d'objectif pratique soit un critère trop lâche pour permettre une analyse fine de la dynamique de construction des connaissances au sein du quadrant de Pasteur et les relations qu'il entretient avec la science « pure ». Notre hypothèse, que nous développerons plus en détail par la suite, est qu'il est crucial de considérer les caractéristiques épistémiques des théories en jeu et les propriétés ontologiques de leurs objets si l'on désire penser les mécanismes d'*orientation* de la science. Reste que le travail de Stokes formalise une intuition importante : la science telle qu'elle se fait n'est pas bien décrite par une conception opposant le fondamental et l'appliqué⁶⁷.

⁶⁷Ce à quoi certains répondent que rajouter une troisième catégorie n'arrange rien à l'affaire. Pour Narayanamurti (2013), cela ne fait que maintenir l'illusion d'un possible découpage du champ scientifique en fonction des objectifs poursuivis. Or, nous dit-il, chaque recherche est motivée par un faisceau de lignes de force difficile à démêler. Nous verrons que cet argument se retrouve fréquemment chez les auteurs contemporains. Contre cette volonté de brouiller les frontières et les distinctions, nous défendons la possibilité et la nécessité, d'établir une typologie. Nous proposerons ainsi, dans la partie 3, de différencier des problèmes *endogènes* et *exogènes* au champ scientifique.

Les travaux récents de Carrier cherchent eux aussi à étayer cette intuition. Le souci premier de l'auteur est de fonder une science qui produise un savoir « dans l'intérêt public », expression qu'il reprend à Krimsky (2003), p. 178. Il remarque alors que cette « science dans l'intérêt public n'émerge pas toute seule. En générale, elle requiert une intervention active du monde politique, afin de garantir que certaines questions vont être posées et résolues de manière prioritaire » (Carrier, 2011a, p. 19). Il donne alors l'exemple du « réchauffement climatique (...), exemple d'une recherche de grande importance pratique qui n'aurait jamais émergé d'une recherche purement épistémique ». Ce parti pris le pousse alors à s'interroger sur la valeur épistémique d'une telle recherche orientée. En poussant l'analyse plus loin que ne le fait Stokes, il pose alors la question de savoir « si la pression dirigée vers l'obtention de résultats rapides, tangibles et utiles risque d'altérer les caractéristiques de la recherche scientifique et de compromettre ses valeurs épistémiques » (Carrier, 2004a, p. 1). Face à ce problème, il admet aisément que l'un des effets de la « recherche commerciale », au sein de laquelle « les problèmes sont imposés de l'extérieur à la science selon leur pertinence pratique », est de tendre à « satisfaire le consommateur avec des biens qui rapportent des bénéfices ». Il ajoute qu'« une des manifestations de ce phénomène en recherche médicale est que les maladies touchant en priorité les pays pauvres brillent par leur absence dans les programmes scientifiques » (*Ibid.*, p. 4-5). En plus de cette critique classique, Carrier prend à son compte la crainte commune d'une perte de certaines normes épistémiques dans le cadre d'une recherche par trop conduite par le souci de l'utile en affirmant qu'« il existe un risque d'érosion méthodologique dans la science appliquée » (*Ibid.*, p. 3).

Cependant, il note que ces assertions ne suffisent pas à disqualifier d'emblée la valeur épistémique d'une science *orientée par l'application*. Un premier argument très général est utilisé pour défendre ce point de vue : des connaissances théoriques solides et fiables sont nécessaires pour garantir un développement technologique efficace. Une science dirigée vers l'application n'a donc pas intérêt à sacrifier les normes méthodologiques de la recherche :

La science appliquée n'est pas moins concernée par la fiabilité de ses résultats que la science pure. Les valeurs méthodologiques prônant l'unification théorique et l'analyse causale y sont également importantes. Il y a une continuité des valeurs épistémiques utilisées dans les deux champs (Carrier, 2004a, p. 15).

Cet argument est étayé par plusieurs études de cas, menées notamment au sein du Département de Philosophie de l'Université de Bielefeld, auquel est rattaché Carrier. Willholt justifie ainsi la

valeur épistémique (« epistemic merits ») de la science conduite au sein des laboratoires industriels à travers l'analyse de la dynamique de recherche ayant entouré l'effet de magnétorésistance géante (GMR) (Wilholt, 2006a). Contre les critiques communes que génère la privatisation croissante de la recherche, Wilholt montre que le développement des connaissances théoriques sur l'effet GMR doit beaucoup à des travaux « menés sous une contrainte importante pour produire des résultats applicables » (*Ibid.*, p. 66). Il étudie notamment les avancées théoriques dues aux sections R&D des laboratoires des compagnies IBM et Philips. Adam s'est quant à lui penché sur le cas de la recherche en pharmacologie et de la « conception rationnelle de médicaments (*rational drug design*) » (Adam, 2005). Il en fait un cas type de science « combin[ant] la recherche d'une connaissance scientifique et la mise au point de technologies utiles et integr[ant] les objectifs épistémiques et pratiques de la recherche » (*Ibid.*, p. 513). À l'aide de cas d'étude (la conception de traitements cardiovasculaires tels que le propranolol, le captopril et le losartan), il précise les conditions de cette intégration.

Le but de ce type d'étude est, explicitement, de réhabiliter la notion de science inspirée par l'usage, face à un discours décrit comme « traditionnel », défendant la supériorité épistémique d'une science guidée par la curiosité⁶⁸ (Adam *et al.*, 2006, p. 435). Si ces travaux amènent des éléments intéressants à l'appui de la valorisation épistémologique de la science en contexte d'application, leur discours de rupture par rapport à une tradition antérieure tend à masquer l'ancienneté des débats sur le sujet. De même que les discours défendant l'autonomie s'ancrent dans une longue tradition argumentative, les idées présentées par le groupe de Bielefeld ont également des racines qu'il convient de mettre au jour. D'autres voix ont ainsi pu s'élever, dans les décennies antérieures, pour défendre la valeur épistémique et pratique d'une science tournée vers les préoccupations pratiques, conçue en opposition par rapport à une science « pure ».

C'est le cas, en France, du chimiste Henri Le Chatelier, prônant, dans les années 1930-1940, une organisation de la science sur le modèle industriel. Son argumentaire, explicitement construit contre celui de Perrin, vante les mérites d'une recherche choisissant ses objets en fonction de critères utilitaristes :

⁶⁸L'une des positions explicitement critiquées, par Wilholt notamment, est celle exprimée par Ziman, pour qui « les pratiques et les normes de la recherche instrumentale sont les exactes opposées de celles de la science universitaire (...). Parce qu'elle sert de petits groupes de pouvoir et les élites techniques, la recherche instrumentale tend à produire du savoir local plutôt qu'universel. Comme elle est dirigée en premier lieu vers des problèmes conçus à l'avance, elle est prosaïque plutôt qu'imaginative et elle est testée pragmatiquement par ses succès pratiques plutôt que soumise à l'attention critique de la communauté » (Ziman, 2002, p. 399).

Méconnaître ainsi l'influence bienfaisante des préoccupations pratiques sur le développement des sciences, c'est nier toute l'histoire de la Science, compromettre gravement ses progrès ultérieurs et porter un préjudice sérieux au développement même de l'industrie, par suite à la richesse, à la puissance de notre pays (...). Si la méthode de travail consistant à prendre comme sujet d'étude des problèmes d'utilité pratique a été profitable à des savants comme Lavoisier, Sadi Carnot, Sainte-Claire Deville, Pasteur, combien plus profitable encore doit-elle être aux esprits de moins grande envergure (Le Chatelier, 1936, chap. 10).

Le Chatelier défend donc de manière très explicite la fécondité épistémique des recherches menées dans un contexte d'application. Le choix de « problèmes d'utilité pratique » est même décrit comme une méthode optimisant les progrès de la « Science » : très loin de concevoir la prégnance de préoccupations pratiques comme l'annonce d'un dévoiement utilitariste de l'enquête, Le Chatelier met en avant les développements théoriques, fondamentaux qu'elle permet. L'histoire des sciences est mobilisée pour élever au rang d'évidence universelle son intime conviction : « il n'est de bonne science que celle qui s'inscrit dans des projets industriels (...). Les laboratoires doivent être créés par l'État, mais financés par l'industrie » (Bensaude-Vincent, 2009, p. 23). En toute logique, cette ligne argumentative est complétée, comme le note S. Catellin, par une critique de « stérilité relative des laboratoires universitaires » (Catellin, 2014). Finalement, alors que Perrin prêche activement pour une institutionnalisation de la recherche fondamentale, Le Chatelier souhaite pousser l'industrie à financer une recherche à finalité pratique. En dehors de la question de savoir à quelles conditions ce secteur industriel est apte à refléter les préoccupations de l'ensemble de la société, le discours de Le Chatelier accorde une confiance explicite à la valeur épistémique d'une science que Carrier désignera plus tard comme guidée par l'application.

Ce mélange d'attachement aux résultats fondamentaux ou théoriques de la science et à la conduite de la recherche au sein d'un contexte d'application se retrouve typiquement chez certains auteurs influencés par le marxisme. Le développement, dans les années 1930, d'une philosophie des sciences allant dans ce sens est bien documenté (Sheehan, 1993). Des nombreux écrits ayant fleuri dans ce contexte⁶⁹, les plus emblématiques sont certainement ceux du physicien britannique Bernal. Son ouvrage majeur, *The Social Function of Science* (Bernal, 1939), est un plaidoyer en faveur d'une science planifiée en vue d'optimiser son utilité sociale. L'idée première de Bernal est que « la science est un cadeau qui demande à être pleinement utilisé pour le bénéfice matériel et culturel de

⁶⁹On pourra se référer à McGucken (1978), p. 43, pour une liste des textes les plus influents.

l'humanité » (Bernal, 1939, p. 242). Or, la science ne peut exprimer ce potentiel que dans un ordre nouveau, où elle sera pleinement rendue à la société qu'elle doit servir. Cela passe, pour Bernal, par une nécessaire planification externe de la recherche. Comme le note Brooks, « Bernal percevait l'autonomie de la science comme extrêmement inefficace et pensait que ses bénéfiques potentiels pour l'humanité ne pouvaient être réalisés qu'au travers d'un plan débattu publiquement, impliquant le gouvernement et beaucoup d'éléments représentatifs de la société » (Brooks, 1996, p. 15). En d'autres termes, pour Bernal, l'optimisation de la fécondité épistémique de la science et de son utilité sociale n'est réalisable que par un contrôle accru exercé sur les directions de l'enquête : par ce biais, « la science serait grandement enrichie et rendue plus productive » (McGucken, 1978, p. 43). Cette volonté normative s'appuie sur une théorie du développement scientifique affirmant que « la science reçoit son *impetus* de la reconnaissance de besoins sociaux » (McGucken, 1978, p. 42). Dans ce cadre, la planification n'est qu'un moyen d'entériner une situation déjà existante et d'assister le progrès des connaissances. Cela va de pair avec un rejet explicite de l'idéal d'une science pure et détachée : « le piété traditionnelle envers une science pure et innocente est au mieux un fantasme, au pire une honteuse hypocrisie » (Bernal, 1939, p. xv). Cette hypocrisie s'enracine notamment dans une critique de la prise en main de la science par le capitalisme, représentant les intérêts d'une minorité de la population (Sheehan, 1993). Il est ainsi possible de repérer, chez Bernal et chez les philosophes et historiens des sciences marxistes en général, une amorce de la critique de la marchandisation contemporaine de la science (Lamy et Saint-Martin, 2014). De manière intéressante, le cadre marxiste décorrèle ainsi la question de la contrainte utilitaire de celle de la commercialisation : le problème n'est pas de contrôler, ou non, la science, mais de savoir *qui* la contrôle.

II.2.1 L'inscription dans le social

Plus généralement, la tradition marxiste rejette l'idéal de la science pure au nom d'une nécessaire *contextualisation* de l'enquête. Les travaux classiques de Boris Hessen portant sur *Les Racines sociales et économiques des « Principia de Newton »* sont exemplaires de cette démarche :

D'une part, il s'agit de reconnaître l'inanité de la notion de génie scientifique (de Newton), qui participe à la décontextualisation des pratiques savantes et à leur désindexation des conditions sociales, économiques, politiques et culturelles de leur mise en œuvre. D'autre part Hessen, d'une manière certes un peu rugueuse, a posé les bases d'une histoire sociale des sciences qui prenne au sérieux les rapports politiques toujours en jeu dans les façons de connaître, qu'une histoire des sciences comtienne continuait de dénier (Lamy et Saint-Martin, 2014).

Lamy précise ensuite que cette question de la « détermination sociale de la connaissance » annonce la naissance de nombreux champs de recherche dans la seconde moitié du XX^e siècle, dont le thème de « la construction sociale des sciences, qui constitue l’alpha et l’oméga des *STS* ».

Plusieurs courants de pensée structurent aujourd’hui cette réflexion générale autour de la perméabilité de la science au contexte social. L’une des approches courantes aujourd’hui consiste à souligner la présence de valeurs non épistémiques au sein du *cœur épistémique* de la science : les critères utilisés pour tester la véracité des hypothèses ne sont pas fixés indépendamment de toute influence culturelle ou politique. Notamment, l’argument dit du « risque inductif » (Rudner, 1953) considère que l’acceptation ou le rejet d’une assertion se fait souvent en lien avec la perception du risque encouru en cas d’erreur de jugement. Cet argument est abondamment repris aujourd’hui (Sarewitz, 2004 ; Douglas, 2009). Une autre ligne argumentative investit cette question des valeurs, en cherchant à montrer la prégnance des « hypothèses d’arrière-plan » implicitement mobilisées dans l’enquête. Les travaux de Longino mettent ainsi en avant la manière dont la justification des hypothèses scientifiques dépend de suppositions, de croyances d’arrière-plan (« background assumptions ») (Longino, 1990, 2002a). De manière générale, ces différentes approches visent à attaquer une certaine conception du développement scientifique, érigée en tradition à abattre sous le nom de *Value-Free Ideal* (VFI)⁷⁰.

Une seconde approche vient compléter la question des valeurs pour contextualiser l’entreprise scientifique, qui vise à souligner son intrication dans les enjeux de pouvoir et l’importance des relations inter-personnelles dans l’élaboration des connaissances. L’étude des controverses, notamment menée sous les auspices du « programme fort » en sociologie des sciences, constitue un espace privilégié pour la mise en œuvre de cette démarche⁷¹. L’un des objectifs est notamment de mettre en évidence, à partir de cas d’études tirés de l’histoire des sciences, les déterminants économiques et politiques qui interviennent dans les controverses scientifiques. Le caractère *intéressé* des scientifiques est l’un des leitmotifs de ce type de travaux : la figure de Pasteur, notamment, est utilisée pour exhumer les ambitions individuelles dissimulées derrière la défense de la science pure (Latour, 1984 ; Carnino, 2015).

⁷⁰La présentation des débats contemporains sur cette question sort du champ de la présente argumentation. On trouvera une synthèse récente de l’abondante littérature qui s’y rattache chez Carrier (2012) ou Ludwig (2016).

⁷¹La méthodologie du « programme fort », tel qu’il a été défini et utilisé par Bloor, Barnes et Collins est détaillée et illustrée dans Pestre (2006), p. 10-26.

Plus largement, le souci de mettre en valeur l'inscription de la science dans un certain contexte social culmine dans les discours que Shinn et Ragouet nomment *antidifférenciationnistes* – en opposition aux discours *différenciationnistes* (Shinn et Ragouet, 2005). Arrêtons-nous un instant sur cette typologie, dont les implications pour la question de l'autonomie scientifique sont cruciales. Le *différenciationnisme* est caractérisé par un fort attachement à l'autonomie de la science et ce à deux niveaux. Le premier pilier de cette sociologie est de considérer que « la science non seulement est institutionnellement distincte des autres régions de l'espace social, mais [qu'] elle se démarque en sus des autres modes de cognition » (Shinn et Ragouet, 2005, p. 9). Un archétype en est la sociologie mertonienne (Merton, 1973). Cette dernière cherche en effet à identifier l'ensemble des règles, des normes structurant la communauté scientifique et assurant son autonomie cognitive. Les normes qu'identifie Merton sont devenues une référence classique de la sociologie des sciences. Elles sont au nombre de quatre : l'universalisme, le communalisme, le désintéressement et le scepticisme organisé⁷². Le point important est que ces normes, intériorisées par les chercheurs, font de la science un espace distinct du reste de la société et assurent la supériorité épistémique des connaissances *scientifiques* sur toutes les formes de connaissances ordinaires. De fait, si l'organisation sociale de l'activité scientifique peut être élucidée, « les contenus cognitifs de la science échappent au domaine d'investigation sociologique » (Shinn et Ragouet, 2005, p. 69). L'étude des conditions de vérification des énoncés, la formalisation de la méthode scientifique, est prise en charge par l'épistémologie, a qui échoit donc la lourde tâche d'expliquer comment la science dit le vrai.

Le second pilier de la sociologie différenciationniste relève des liens entre la science et la pression exercée sur la définition de ses objectifs par les demandes extérieures (sociales, politiques, économiques...). Dans ce cadre, « certains sociologues différenciationnistes opposent aux normes de la science pure celles qui, selon eux, ont cours dans les sciences appliquées ou industrielles » (Shinn et Ragouet, 2005, p. 19). Il existe donc une science *pure* qui se démarque des applications possibles de ses découvertes, par sa méthodologie, mais également par ses objectifs. Cette idée est résumée dans le concept classique de modèle linéaire de l'innovation, dont nous avons déjà détaillé la teneur (p. 58). Rappelons simplement qu'il défend deux intuitions centrales : les innovations technologiques majeures découlent d'avancées dans les connaissances fondamentales et ces dernières doivent se

⁷²De nombreux ouvrages proposent une description précise de ces normes, que l'on s'abstiendra donc de développer ici. Voir par exemple Bonneuil (2013), p. 5.

construire à l'abri des pressions extérieures. Ce point de vue est résumé dans la formule lapidaire du rapport publié suite aux Assises nationales de la recherche en 2004 : « l'électricité n'a pas été inventée en cherchant à perfectionner les bougies » (EG, 2004, p. 14).

La sociologie différentiationniste, ainsi formulée, prête le flan à des critiques immédiates. La première et sans doute la plus redoutable, est la difficulté de justifier l'existence d'un *noyau dur* épistémologique permettant de différencier de manière claire un énoncé scientifique d'une simple opinion. On trouve ici, de manière à peine voilé, le problème classique du fondationnalisme. Comme le rappelle Lamy (Lamy, 2005) :

Cette (...) forme de différenciation ne va pas sans poser de graves difficultés, liées à la question épistémologique du fondationnalisme : comment offrir aux sciences des bases suffisamment solides, qui permettent de justifier que l'on distingue les énoncés scientifiques des simples opinions, en particulier politiques ou économiques ? Comment s'assurer qu'un discours scientifique ait plus de légitimité que tout autre production discursive ? (...). Or, nous l'avons vu avec Merton, la différenciation épistémologique conditionne très fortement (...) la justification de la nécessité de la différenciation institutionnelle. Si la connaissance scientifique ne peut être fondamentalement distinguée des croyances idéologiques, alors rien ne s'oppose a priori à ce qu'elles se mêlent les unes aux autres et que les sphères politiques ou économiques aient leur mot à dire en matière scientifique (p. 29).

En d'autres termes, justifier l'autonomie de la science en arguant du fait qu'elle seule garantit sa valeur épistémique laisse le programme différentiationniste sans défense face à la possibilité de douter de « la singularité épistémique de l'identité scientifique » (Lamy, 2005, p. 32). C'est dans cette brèche que, selon Shinn et Ragouet, vont s'engouffrer des sociologues qualifiés d'*antidifférentiationnistes*.

Cette catégorie regroupe plusieurs courants sociologiques, partageant la même opposition vis-à-vis d'une conception de la science jugée trop naïve. Il s'agit de défendre, contre l'idéal différentiationniste, le rôle que doit jouer la sociologie dans l'explication des contenus cognitifs de la science. Le « programme fort » de la sociologie des sciences, formalisé par Bloor et Barnes dans les années 1970 à l'Université d'Édimbourg (voir, par exemple, Barnes et Bloor, 1982), est cité comme une des versions de cet antidifférentiationnisme. L'étude fine des pratiques scientifiques (« la science telle qu'elle se fait⁷³ ») doit permettre d'éclairer sous un jour nouveau les mécanismes de construction des

⁷³Pour reprendre le titre de l'anthologie publié par Michel Callon et Bruno Latour (Callon et Latour, 1982), rassemblant des publications importantes du « programme fort ».

connaissances. En particulier, il s'agit de montrer, sur la base de cas d'étude micro-sociologiques, que « ce sont les facteurs d'ordre culturel, les intérêts sociaux et les relations de pouvoir qui jouent un rôle prééminent dans l'acceptation ou le rejet des résultats, dans leur validation ou leur invalidation » (Shinn et Ragouet, 2005, p. 70). Ces approches fortistes ont été prolongées par des travaux « plus radicalement constructivistes » (*Ibid.*, p. 71). À l'origine de ce tournant, on trouve notamment les deux sociologues Michel Callon et Bruno Latour et leur désir de rompre avec la vision traditionnelle plaçant face à face la science et la société, la nature et la culture. Selon eux, le programme fortiste, s'il est sur la bonne voie, pêche encore par excès de pudeur ; pour Callon et Latour, il est nécessaire de radicaliser la sociologie des sciences, « en abandonnant les notions séparées de société et de nature » (*Ibid.*, p. 95). Sur ces bases, ils développent alors la théorie dite de l'« acteur-réseau », mettant au centre de l'analyse la notion de co-construction. Dans cette optique

le chercheur n'est plus, à la différence du portrait qu'en dressent Barnes et Bloor, le jouet de forces sociales qui le dépassent et déterminent ses pratiques. Science et société sont engagées dans un perpétuel processus de co-construction qui rend vain toute tentative de différenciation *a priori* (Lamy, 2005, p. 38).

Il n'est donc plus question de chercher à séparer la société de la science et de la technique, ni même les disciplines scientifiques (voir, par exemple, Latour (1989), p. 346). Ces entités sont prises dans un vaste réseau hétérogène engageant les chercheurs, leurs différents partenaires, les laboratoires, les organismes financiers, les usagers, les pouvoirs publics et jusqu'aux objets même de la recherche (Callon, 1999, p. 69 ; Callon, 1991, p. 196)⁷⁴.

Notre objectif ici n'est pas de détailler plus avant la teneur de ces argumentaires, mais d'examiner leurs conséquences normatives en terme de gouvernance des sciences. Les théories du Mode 2 de l'enquête scientifique peuvent sans doute être considérées comme l'expression la plus caractéristique de cette dimension normative.

II.2.2 La science en Mode 2

La publication, en 1994, de l'ouvrage intitulé *The New Production of Knowledge* (Gibbons *et al.*, 1994), a initié un débat houleux sur les modifications actuelles des conditions de la science en société.

⁷⁴Pour une description plus exhaustive de l'approche acteur-réseau, voir par exemple Pestre (2003b), p. 44 et Bonneuil (2013), p. 13.

Réaffirmée et précisée dans un ouvrage de 2003 (Nowotny, 2003) [2001], la thèse défendue entend « repenser la science » au sein d'une société contemporaine caractérisée par son « ouverture », ses « flux », sa « transgression ». Beaucoup a été écrit sur cette approche, souvent affiliée à la sociologie constructiviste des sciences (Lamy, 2005, p. 146 ; Shinn et Ragouet, 2005, p. 174). Nous n'en rappellerons ici que les points forts. L'idée maîtresse de Gibbons et Nowotny est que les modalités d'interaction entre la science, l'industrie, la technologie, le politique, l'économie et la société en générale ont profondément changé depuis la Seconde Guerre Mondiale. Dans la première moitié du XX^e siècle, prévalait un mode de production des connaissances (« Mode 1 ») installant la science dans la tour d'ivoire d'un monde universitaire coupé des préoccupations du reste de la société. Les orientations de la science, ainsi que les normes méthodologiques qui la fondent, étaient définies en interne. À l'inverse, l'environnement contemporain a consacré l'émergence d'une science de Mode 2, rendue à la société : la recherche est alors menée dans un contexte d'application et soumise à une diversité de pressions économiques et politiques. Sous ces pressions, « la science se diffuse soudain dans la sphère de l'industrie et dans le corps social, elle est progressivement dépouillée de son identité historique et de ses particularités institutionnelles et organisationnelles » (Shinn et Ragouet, 2005, p. 136). En particulier, elle tendrait à « se développe[r] en dehors du cadre strict des universités, dans les laboratoires privés ou publics à finalité industrielle, sur la base d'enjeux commerciaux, mais aussi d'enjeux de société et de finalités collectives exprimées par la sphère publique » (Nowotny, 2003 [2001], p. 6). Pour Gibbons et Nowotny, trois tendances de ce Mode 2 peuvent être dégagées, qui sont « (a) le ciblage des priorités de recherche, (b) la commercialisation de la recherche et (c) la responsabilité de la science » (Nowotny *et al.*, 2003, p. 181). En parallèle, « la recherche décrite comme “pure”, “blue-sky”, fondamentale ou désintéressée, représente désormais une activité mineure – y compris dans les universités » (Nowotny *et al.*, 2003, p. 184). Loin de se contenter d'une approche descriptive, les concepteurs de la notion de Mode 2 adoptent un point de vue normatif visant à accélérer ce processus d'ouverture de la science à la société. Cet « antidifférentialisme prophétique », pour reprendre l'expression de Lamy (Lamy, 2005, p. 143), se réjouit explicitement de la dissolution de l'autonomie scientifique :

Notre argumentation implique que la science ne peut plus être considérée comme un espace autonome clairement distinct des « autres espaces » dans les sphères de la société, de la culture et (tout particulièrement) de l'économie. Tous ces domaines sont devenus si hétérogènes, enchevêtrés et interdépendants qu'ils ont perdu leurs spécificités et cessent d'être distincts (Nowotny, 2003 [2001], p. 14).

En particulier, les auteurs nient l'existence d'un « noyau dur épistémique sous-jacent à la production de connaissances scientifiques, qui ne peut être modifié sans détruire le principe de fonctionnement de la science⁷⁵ » (*Ibid.*, p. 88). En endossant cette assertion classique des positions antidifférentiationnistes (la science ne possède pas de fondements épistémiques qui la distinguent des autres champs sociaux, en lui garantissant « un accès exclusif à l'ordre naturel » [p. 294]), Gibbons et Nowotny peuvent dès lors, en toute logique, réclamer la fin de l'idéal d'autonomie : « l'autonomie scientifique devra donc prendre des formes très localisées, elle devra être justifiée dans chaque cas et pour chaque projet de recherche » (p. 296). La science doit accepter d'être plongée dans une « agora » métissée, décrite comme l'« espace des controverses publiques envahi par les mouvements politico-culturels, les associations de citoyens et les organisations non-gouvernementales qui contribuent à l'acceptation sociale – ou au rejet des innovations et du changement technique » (p. 8-9). Dans cet espace, se mêlent donc les demandes économiques, les revendications politiques et les exigences démocratiques ; sans décrire comment ces différents pôles d'influence peuvent et doivent interagir, Nowotny se contente de réaffirmer qu'« une science sans attache et auto-organisée, cherchant à découvrir des règles invariantes et à accumuler de la connaissance devra être complétée, sinon remplacée, par une nouvelle vision de la science, richement contextualisée, socialement robuste et épistémiquement éclectique » (p. 256).

L'approche développée par Gibbons et Nowotny a donné lieu à des critiques serrées. Un premier type d'objections s'en prend à la démarche historicisante qu'adoptent les tenants du Mode 2. Il s'agit alors de remettre en cause la pertinence de la « rupture historique » (*epochal break*)⁷⁶ décrite par les auteurs. L'une des idées qui leur est opposée concerne la permanence historique d'un certain contexte d'application : les savants n'ont pas attendu l'époque contemporaine pour sortir de leur tour d'ivoire universitaire et frayer avec l'industrie (Boon et Knuuttila, 2011). Dans ce cadre, la science n'a pas vraiment changé de visage ; seules les catégories que l'on forge (science pure, appliquée, stratégique) viennent modifier nos représentations d'une réalité stable (Johnson, 2011). Pour certains, le Mode 2 aurait bien plutôt *précédé* le Mode 1 : au contexte de forte coopération entre la science et la sphère

⁷⁵Plus loin, ils précisent que « le noyau épistémique est vide – ou, si l'on préfère, qu'il est surpeuplé et hétérogène. Ce noyau irréductible de valeurs cognitives et de pratiques sociales, qui permettait naguère de distinguer la bonne science de la mauvaise science (...), a été à la fois envahi par des forces autrefois qualifiées d'extra-scientifiques et dispersé, ou distribué, dans des environnements de connaissances de plus en plus hétérogènes. Notre thèse est donc qu'une description plus nuancée et sociologique de l'épistémologie est désormais requise » (p. 229).

⁷⁶Pour reprendre le titre d'un ouvrage publié en 2011 sous l'égide de Nordmann et faisant le bilan des débats sur les modifications actuelles des conditions de la science (Nordmann, 2011).

économique qui prévalait au XIX^e siècle, aurait succédé l'institutionnalisation d'une science pure, mue par la curiosité (Etzkowitz et Leydesdorff, 2000 ; Pestre, 1997 ; Carnino, 2015)⁷⁷. Ils font ainsi remarquer que « le Mode 2 s'est effrité avec l'émergence d'institutions financièrement dotées et influentes telles que le CNRS en France ou le Max Planck Institut en Allemagne » (Shinn et Ragouet, 2005, p. 138). Ce courant de pensée rejoint l'idée d'un caractère historiquement contingent de la notion de science pure, point sur lequel nous reviendrons de manière critique dans le chapitre suivant.

En s'inscrivant en faux contre toute démarche excessivement historicisante, des historiens ou sociologues des sciences comme Pestre ou Shinn ont proposé des analyses plus fines de la coexistence de différents « régimes » ou « modes » de production des savoirs. L'idée générale qu'ils partagent est que le tableau des relations entre la science, la société, l'économie et le politique est bien plus complexe que ne le laisse croire le modèle linéaire de Gibbons. L'histoire a vu apparaître, disparaître et coexister différentes formes de gouvernance des sciences. En particulier, le XIX^e siècle a généré une grande diversité de modes d'insertion de la science dans l'ordre social, de sa mise au service d'intérêts privés jusqu'au financement d'une science fondamentale détachée des préoccupations matérielles⁷⁸. Dans le même ordre d'idée, Shinn distingue quatre formes intellectuelles et institutionnelles de la science et de la technologie, coexistant depuis le XVII^e siècle : « disciplinaire », « utilitaire », « transitaire » et « transversal » (Shinn et Ragouet, 2005, p. 165). Sans rentrer dans le détail de ces démarches, notons qu'elles partagent l'ambition de complexifier les descriptions faites par Gibbons et Nowotny. Il ne s'agit pas, bien évidemment, de nier toute modification contemporaines des conditions de la science, mais de fournir des outils pour les penser de manière plus fine. En particulier, il s'agit de penser le Mode 1 et le Mode 2 non pas comme représentatifs de périodes successives, mais comme des pôles entre lesquels se situent les différentes formes possibles des relations entre science et société. Comme le dit Bernadette Bensaude-Vincent, « la distinction entre Mode 1 et Mode 2 n'a aucun caractère historique, pas plus que le concept concurrent d'une "triple

⁷⁷Ce point est d'ailleurs concédé par Nowotny dans son ouvrage de 2003 : « dans la seconde moitié du XIX^e siècle et pendant la plus grande partie du siècle suivant », nous dit-elle, « la pureté de la science a été isolée de son utilité technique, grâce à l'invention d'une catégorie dénommée science "appliquée" » (Nowotny, 2003 [2001], p. 81).

⁷⁸Pestre affirme ainsi que « cette période a connu la mise en place d'une infinie variété de relation entre les universités, les gouvernements, la puissance militaire, le commerce et les intérêts locaux (...). Cette période a également été orientée par une variété d'objectifs et de valeurs, depuis le souci du profit vers la recherche de la connaissance pure, depuis la volonté de réduire les souffrance de l'humanité jusqu'à celle d'éradiquer le communisme » (Pestre, 2003a, p. 249).

hélice” – État, industrie, université (...). Il est clair désormais que les deux modes correspondent moins à des régimes successifs qu’à des tendances » (Bensaude-Vincent, 2009, p. 35).

En dehors des simplifications sociologiques et historiques qu’elle opère, la notion de Mode 2 est dénoncée pour sa dimension normative. Comme le note Shinn, l’antidifférentiationnisme défendu par Gibbons est clairement prophétique : « le message ressemble plutôt à une doctrine où l’on perçoit le souhait de voir la science totalement soumise aux lois de la demande sociale et économique » (Shinn et Ragouet, 2005, p. 139). Loin de simplement chercher à décrire les modifications actuelles des conditions de la science, la théorie du Mode 2 a pour objectif de les soutenir et de les assister. Pour certains, elle est donc une « contribution qui vient en soutien aux politiques néo-libérales de globalisation, voire les inspire » (*Ibid.*, p. 138). Son influence sur les politiques publiques est en effet souvent dénoncée. Pour Raynaud, les idées véhiculées par les tenants du Mode 2 participent des « absurdités post-modernes » affaiblissant la recherche européenne en diminuant le niveau et la pertinence de son financement public (Raynaud, 2016, p. 9). Plus précisément, un texte officiel est souvent cité comme directement inspiré des tendances au constructivisme social des ouvrages de Gibbons et Nowotny. Il s’agit du rapport publié en 1997 par la Commission Européenne, pour la préparation du cinquième programme-cadre Recherche & Développement (Caracostas et Muldur, 1997). De part son titre – *La société, ultime frontière* – il se place explicitement en opposition par rapport aux conceptions héritée de Bush, situant la quête du vrai comme objectif premier de la science. Pour Hottois, le texte publié par l’OCDE renverse cette perspective, en considérant que la connaissance doit servir. Pour ce faire, la recherche doit prendre en compte « les aspects commerciaux, de rentabilité, d’accessibilité ; des enjeux moraux, écologique, de qualité de vie » (Hottois, 2005, p. 19, citant le rapport de l’OCDE). La science doit donc « être mobilisée autour de problèmes économiques et sociaux majeurs » (*Id.*). Face à ce désir d’orientation de la recherche, l’autonomie de la science est assimilée à une « idéologie spontanée des chercheurs » (Caracostas et Muldur, 1997, p. 157). Hottois note d’ailleurs qu’il n’y a qu’une occurrence de l’expression « recherche libre » dans l’ouvrage (à la page 194) : la question de la liberté de la recherche comme moteur de sa fécondité épistémique est donc tout bonnement évacuée du champ de la réflexion. Un grand nombre de scientifiques voient ainsi dans ce rapport l’une des étapes vers la normalisation d’une situation qu’ils déplorent, caractérisée notamment par la chute des crédits de base des laboratoires, le développement d’une recherche sur projets et une finalisation de l’enquête par des objectifs pratiques – phénomènes sacrifiant l’idéal d’autonomie (Comets, 2010).

Le constat d'une forme de perméabilité de la science (de ses normes, valeurs et objectifs) à un certain contexte social amène également, et c'est heureux, à des postures normatives plus modérées quant à la question de la gouvernance des sciences. Prônant une forme de gestion démocratique des politiques scientifiques et attaché à une forme modeste de réalisme, le philosophe Kitcher n'appartient évidemment pas au courant antidifférentiationniste au sein duquel évoluent Nowotny et Gibbons. Cependant, plusieurs similitudes peuvent être relevées entre ces auteurs et notamment une tendance à étendre au maximum la notion de contexte d'application et d'en déduire une remise en cause de l'« autonomie des sciences » comme « legs d'un autre âge » qu'il est nécessaire de dépasser (Kitcher, 2004, p. 57). Dans son ouvrage de 2011, *Science in a Democratic Society*, il affirme encore que « l'insistance sur l'autonomie devrait être évacuée et remplacée par un image très différente, qui inclue (...) un engagement de la recherche scientifique envers le bien commun » (Kitcher, 2011, p. 217). Nous décrivons plus en détail dans le chapitre X les arguments de Kitcher et le modèle de « science bien ordonnée » qu'il propose. Notons simplement que l'une des étapes clés de son raisonnement consiste à remettre en cause le « mythe de la pureté » de la science en notant que « très souvent, les enchevêtrements complexes entre le pratique et l'épistémique, ainsi que le caractère mélangé des motivations des chercheurs en activité, vont rendre l'application de toute distinction simple impossible » (Kitcher, 2001, p. 137). Cette assertion le conduit à construire la notion de « graphe de signification », comme outil pour définir un mode de gouvernance des sciences plus conforme à ses exigences de démocratisation des politiques scientifiques (*Ibid.*, p. 122). L'idée générale est la suivante : chaque objet de recherche se trouve à l'intersection de plusieurs types de questions, dont certaines ont un intérêt fondamental, tandis que d'autres sont nettement tournées vers l'application. C'est la combinaison de tous ces registres d'interrogation qui rend « significative » la vérité à atteindre et qui motive donc la recherche. Kitcher, pour illustrer son propos, détaille l'exemple du clonage de la brebis Dolly. À des questions théoriques (« comment les cellules se différencient-elles ? »), s'ajoutent des préoccupations pratiques (« amélioration du cheptel », « production de médicaments » [*Ibid.*, p. 121]). Kitcher en déduit qu'un bon modèle de gouvernance des sciences doit se baser sur la construction de graphes de ce type, qui seront ensuite soumis à un processus de décision démocratique à définir. Il semble donc considérer, comme les tenants de la science en Mode 2, qu'une description correcte de la dynamique de l'enquête scientifique passe par la reconnaissance d'une intrication permanente entre des objectifs pratiques et cognitifs. La notion de contexte d'application acquiert alors une extension très large, puisque la majorité des recherches sont susceptibles d'être orientées, ou d'avoir été orientées, à différents degrés, par des objectifs pra-

tiques. Kitcher ajoute en effet à cette idée une dimension historique, en notant que l'on peut oublier, sur le long terme, l'origine d'un problème que l'on conçoit aujourd'hui comme parfaitement *interne* :

Les recherches qui nous intéressent aujourd'hui et que nous qualifions d'épistémiquement significatives, le sont parfois en raison des projets pratiques que nos prédécesseurs ont poursuivi dans le passé. En focalisant notre attention sur le présent, il est facile de nier le fait que ces recherches sont connectées d'une quelconque manière à des valeurs plus générales. En élargissant le champ de notre attention, nous réaliserions que les questions que nous posons, les appareils que nous utilisons, les catégories qui structurent notre investigation et même les objets qui nous examinons, sont tels qu'ils sont en raison des idéaux moraux, sociaux et politiques de nos prédécesseurs (Kitcher, 2001, p. 131).

En d'autres termes, même une recherche dont les objectifs nous semblent purement cognitifs est toujours connectée, d'une manière ou d'une autre, à « des valeurs plus générales ». Il s'agirait, bien entendu, de préciser ce que Kitcher entend par « valeurs plus générales ». Est-ce à dire que tout projet de recherche pourrait être transcrit sous la forme d'un graphe de signification ? Dans ce cas, la notion de contexte d'application devient centrale, puisque l'enquête scientifique serait toujours, à des degrés divers, connectée à des questions pratiques. Ce point de vue entre ainsi en conflit direct avec les discours pro-autonomie, construits, comme nous l'avons vu, sur la base d'une opposition stricte, au niveau épistémique (le type de connaissances élaborées) et sociologique (l'organisation au sein de laquelle est pratiquée la recherche) entre le pratique et le cognitif. Tout en admettant, éventuellement, que l'on puisse considérer une recherche orientée par l'usage où convergent des objectifs à la fois pratiques et cognitifs, les avocats de l'autonomie feront valoir l'intuition commune selon laquelle il existe des recherches beaucoup plus fondamentales que d'autres (pensons, par exemple, à la physique théorique), pour lesquelles le formalisme de Kitcher n'est pas pertinent. Il pourrait donc être utile d'atteindre une compréhension plus fine de la manière dont la science fait sienne des questions excédant, à première vue, le cadre d'une recherche purement cognitive.

Il nous semble qu'une première étape dans cette voie a été franchie dans le cadre d'une approche développée à la fin des années 1970 par des sociologues de l'Institut Max-Planck de Starnberg et portant sur la notion de *finalisation* en science. Le centre, dirigé alors par Habermas, abritait un groupe de recherche (nommé *Alternatives in Science*), dirigeant sa réflexion sur les possibilités de contrôle externe de la dynamique de l'enquête. Les résultats de leurs travaux, injustement oubliés (et d'ailleurs très peu diffusés hors d'Allemagne), constituent pourtant un apport important à la question de l'autonomie scientifique et offrent une position modérée permettant de penser la possibilité

d'un contrôle externe des objectifs de la science prenant en compte la logique de son développement interne. Ils s'organisent autour de deux publications : un article paru en 1976 (Böhme *et al.*, 1976) et un ouvrage datant de 1983 (Böhme *et al.*, 1983). Ces travaux ont suscité critiques et commentaires dans les années qui ont suivi (Johnston, 1976 ; Pfetsch, 1979 ; Schroyer, 1984 ; Hoch, 1986 ; Weingart, 1997). Les paragraphes qui suivent sont dédiés à un exposé synthétique de leur thèse (connue sous le nom de *finalization thesis*), des réactions qu'elle a suscitées et de l'intérêt qu'elles présentent pour notre problématique.

II.2.2.1 La *finalization thesis*

Les travaux du groupe de Starnberg reposent sur une opposition entre *autonomie* et *finalisation*, elle-même construite sur la distinction entre des objectifs externes et internes à la science. Sur cette base, ils défendent l'idée générale selon laquelle « sous certaines conditions, un champ de recherche manifestera une tendance à l'autonomie et sous d'autres conditions, il manifestera une tendance à la finalisation. Dans ce cas, son développement est influencé par des objectifs externes » (Böhme *et al.*, 1983, p. 53). Tout l'enjeu est, dès lors, de préciser les conditions présidant à une ouverture *spontanée* de la science à ces objectifs externes – c'est-à-dire, sa *finalisation*. Pour ce faire, partons de la définition que les auteurs donnent de ce concept dans leur premier article, datant de 1976. Le terme de finalisation est utilisé pour faire référence au « processus par lequel des objectifs externes sont internalisés par des disciplines théoriquement avancées et agissent comme des lignes directrices pour leur progrès » (Böhme *et al.*, 1976, p. 311). Le terme de processus introduit une dimension temporelle à la dynamique de finalisation, ce qui conduit à s'interroger sur la nature du mécanisme évolutif dans lequel elle s'inscrit. Ce dernier est décrit par les auteurs sous la forme d'une théorie du progrès scientifique, explicitement inspirée des travaux de Kuhn. Considérant la construction d'un champ disciplinaire, ils distinguent trois phases successives, qu'ils nomment « pré-paradigmatique », « paradigmatique » et « post-paradigmatique ». La première phase correspond à une étape « exploratoire », où l'objet de recherche est défini mais aucun programme théorique ou méthodologique ne s'impose pour son étude. Durant cette période, coexistent des « stratégies empiriques et descriptives » (Pfetsch, 1979, p. 117) et une « constellation de théories » (Böhme *et al.*, 1983, p. 71) rivales. À ce stade, toutes sortes de considérations, qu'elles soient cognitives ou pratiques, peuvent influencer sur la détermination des objets, des phénomènes entrant dans le champ de la science. Le cas-type utilisé pour illustrer cette phase est la question de la fermentation alcoo-

lique telle qu'elle s'est posée au début du XIX^e siècle (Böhme *et al.*, 1983, p. 53). Cet objet, imposé pour des considérations économiques et médicales, a donné lieu à une longue période de recherche exploratoire, ayant vu se développer les observations et les propositions de théories explicatives. Le champ s'est ensuite stabilisé avec l'introduction de la microbiologie pastorienne, entrant ainsi dans la phase « paradigmatique ». Dédiée à l'élaboration, à l'affinement et à la généralisation d'une théorie unifiée, cette étape de développement voit les scientifiques se concentrer sur « les difficultés présentées par la coexistence de théories jusque là incomplète et en partie inconsistantes » (Böhme *et al.*, 1976, p. 314). Il s'agit donc de regrouper la diversité des observations réalisées et de clore les éventuelles controverses, en proposant une « théorie fondamentale », que Böhme *et al.* nomment « super-paradigme » (*Ibid.*, p. 315). Celui-ci est alors précisé, amélioré, étendu. Le point important est que, durant cette phase, le développement scientifique est « interne » :

Au fur et à mesure que la science gagne en maturité, c'est de plus en plus les questions théoriques elles-mêmes qui définissent l'orientation de la recherche et du développement scientifique (...). La théorie elle-même est alors le seul guide qui ait un sens pour le progrès des connaissances (*Ibid.*, p. 314-315).

La physique quantique (Böhme *et al.*, 1976, p. 315), ou la mécanique newtonienne (*Ibid.*, p. 317) correspondent à de telles théories fondamentales élaborées durant des phases paradigmatiques. Cette situation d'autonomie scientifique change dès lors qu'« une théorie universelle a été proposée et stabilisée et que celle-ci est utilisable dans des champs de recherche particuliers » (p. 315). L'entrée en phase « post-paradigmatique » est donc conditionnée par le degré de « maturité » de la théorie, permettant à la discipline de se stabiliser et de voir éclore des sous-disciplines spécialisées. Cette notion de maturité (ou de « clôture ») est peu explicitée. Intuitivement, elle désigne un certain état de complétude permettant à une théorie fondamentale d'être utilisée pour aborder une grande diversité d'objets ou phénomènes. Ainsi, « la physique de l'état solide, la physique des plasma, la physique des basses températures furent toutes développées au sein du paradigme de la théorie quantique » (p. 315). De son côté, la mécanique Newtonienne a donné lieu « à la théorie des systèmes planétaires, à l'aéro- et l'hydrodynamique et à la mécanique statistique » (p. 317). Le point clé de l'argumentation est le suivant : une fois l'état post-paradigmatique atteint, la discipline concernée (c'est-à-dire celle définie par la dynamique évolutive décrite par les auteurs) est susceptible de faire l'objet d'une orientation par des objectifs « externes » :

Une fois que ce point est atteint, des objectifs de recherche extérieurs peuvent diriger la direction et l'intensité du développement de la théorie. Cela donne lieu à

des théories alternatives (et pas seulement à de nouvelles directions de recherche), qui participent toutes aux progrès d'un même champ disciplinaire (*Ibid.*, p. 315).

L'intuition fondamentale du groupe de Starnberg consiste donc à remarquer qu'une théorie mature n'a pas forcément besoin d'être autonome pour poursuivre son développement. L'enquête, si elle obéit à une logique en grande partie interne durant la phase d'élaboration théorique, peut être orientée vers des objets suggérés par l'environnement socio-économique⁷⁹. Ainsi, la mécanique newtonienne, une fois ses bases solidement assises, a-t-elle pu se déployer dans de multiples directions, liées à des questions purement cognitives (l'étude des systèmes planétaires), ou à des « intérêts sociaux » : « les questions techniques et militaires ont servi de moteur à l'aérodynamique et à l'aviation, les problèmes environnementaux de pollution sonore ont encouragé l'aéroacoustique et les besoins de la recherche médicale conduiront sans doute au développement d'une théorie des fluides physiologiques » (p. 316). Le point important est que toutes ces directions de recherche ne peuvent être assimilées à l'*application* d'une théorie fondamentale : elles contribuent en fait pleinement à son développement et à l'accumulation de connaissances au sein d'un champ disciplinaire. En ce sens, elles ne constituent pas une science appliquée, mais une science fondamentale orientée, dont la valeur épistémique n'est pas affectée par les objets qu'elle se choisit. Que le problème posé concerne la formation des galaxies ou la dynamique des écoulements à proximité des ailes d'avion, le bénéfice en termes de connaissances acquises sur le monde naturel est comparable.

Une fois posée cette idée générale, une question émerge immédiatement : comment s'opère, concrètement, ce déploiement de la théorie générale en « sous-disciplines » ? En particulier, comment les éventuels « objectifs externes » peuvent-ils contribuer à la progression d'un champ scientifique ? Les auteurs détaillent plusieurs études de cas pour éclairer ce point dans leur ouvrage de 1983. Ils s'intéressent ainsi au cas de la mécanique des fluides (Böhme *et al.*, 1983, p. 53). Il note qu'au sein de cette sous-discipline de la mécanique, le développement d'approches spécifiques est imposé par le caractère insoluble en général des équations de Navier-Stokes. Chaque objet d'étude (l'écoulement dans un canal, la dynamique d'un plasma, les turbulences atmosphériques) nécessite la mise au

⁷⁹Les auteurs insistent sur l'articulation entre ces deux phases. L'orientation externe de la science n'est pertinente *que* lorsque le bagage théorique est suffisant, c'est-à-dire si le champ disciplinaire a pu se développer en autonomie au préalable : « aussi longtemps que la science n'a pas formulé une théorie fondamentale (...), les tentatives pour lier son avancée à une orientation par des missions n'offrent que peu de chance de réussite (...). Dans ce cas, manquent les fondations théoriques générales du champ disciplinaire dans son ensemble » (*Ibid.*, p. 315).

point de méthodes particulières. Le point important est que ces différentes approches ne sont pas simplement des applications des équations à des cas singuliers, mais constituent des développements théoriques :

Le problème de l'utilisation des équations générales peut être résolu de deux manières. La première implique l'élaboration d'un concept nouveau pour rendre compte de l'effet particulier observé. La seconde conduit au développement d'une théorie mathématique pouvant offrir des solutions approchées (Böhme *et al.*, 1983, p. 77).

C'est ainsi qu'ont été proposés, par exemple, le concept de *couche limite*, ou les outils mathématiques utilisés pour décrire les phénomènes turbulents.

Dans un tout autre domaine, Hohlfeld étudie le lien entre les préoccupations pratiques et les progrès théoriques en biologie. Le cas de la recherche contre le cancer est particulièrement mis en avant comme exemple de « question pratique constituant un objectif de recherche externe » (*Ibid.*, p. 95), par contraste avec les « programmes de recherche internes, dirigés vers le développement de théories fondamentales pour les objets biologiques en général ». L'objectif de l'auteur est ici de dresser la liste de tous les développements théoriques en biologie associés à des recherches orientées par le phénomène de carcinogénèse. Il cite ainsi deux cas de théories « matures » soumises à l'influence de cet objet d'étude : la théorie chromosomique de l'hérédité (développée par la théorie des mutations somatiques⁸⁰) et la biochimie. Dans ce dernier cas, la maîtrise de quelques principes de base rend possible des développements théoriques variés orientés par l'étude de processus métaboliques normaux ou pathologiques⁸¹. Ainsi, l'étude des réseaux métaboliques tumoraux est-il devenu un champ de recherche actif, générant des « modèles ne pouvant pas être dérivées simplement des théories existantes » (*Ibid.*, p. 106), tout en permettant de développer des stratégies thérapeutiques novatrices basées sur les modifications de l'activité de certaines enzymes (p. 105). L'auteur sort également du cadre défini par la notion de *maturité théorique* pour noter, plus généralement, que « l'étude des perturbations de la croissance tissulaire et cellulaire est une stratégie possible pour comprendre les mécanismes de sa régulation » (*Ibid.*, p. 111). Plus précisément, « les cellules tumorales ont été utilisées pour examiner les questions liées aux fonctions cellulaires, à la croissance et

⁸⁰« La théorie des mutations somatiques peut être considérée comme un développement spécial de la théorie chromosomique de l'hérédité, vérifiable expérimentalement pour les cellules germinales et extensible aux cellules somatiques » (*Ibid.*, p. 102).

⁸¹« La biochimie a atteint un stade de maturité théorique. Cette théorie a permis de concevoir un programme de recherche pour n'importe quel processus métabolique inconnu, avec comme objectif la production de théories spéciales pour ces processus » (*Ibid.*, p. 103).

à la différenciation. Les phases du cycle cellulaire et la régulation de la division chromosomique ont également été étudiées *via* les systèmes tumoraux » (*Id.*).

D'autres exemples sont mobilisés pour illustrer la *finalization thesis*, dont l'ingénierie chimique (Böhme *et al.*, 1976, p. 308) et l'agronomie (*Ibid.*, p. 17). Au delà de cette variété de cas d'étude, sur laquelle nous reviendrons, l'une des caractéristiques des travaux du groupe de Starnberg est sa prétention normative. Puisque la science tend naturellement, dans certaines conditions, à être orientée par des problèmes pratiques, la société a tout intérêt à développer des stratégies de finalisation pour optimiser les bénéfices qu'elle pourra tirer de la recherche qu'elle finance :

Le concept de finalisation en science est une tentative pour décrire quelles propriétés des structures existantes de la science peut produire les conditions nécessaires pour une planification de la recherche basée autant sur les intérêts de la science que sur les besoins de la société (Böhme *et al.*, 1983, p. 312).

On trouve donc, dans les travaux du groupe de Starnberg, le souci de penser la perméabilité de la science sans exclure la question de la logique interne de l'enquête. Il s'agit de proposer un modèle de gouvernance raisonnée de la science qui n'oublie ni son ancrage social, ni le nécessaire processus d'autonomisation du champ scientifique. La structure particulière des théories est prise en compte pour construire une approche « alternative », qui soit « distincte à la fois du marxisme orthodoxe et d'une autonomie scientifique idéalisée : dans le premier cas, on considère que les préoccupations extérieures à la science (économiques, sociales ou politiques) déterminent seules tout le développement d'une discipline ; dans le second cas, la science est conçue comme une entreprise restreinte à l'auto-administration de la "République de la Science" décrite par Polanyi » (Pfetsch, 1979, p. 118). Pour les auteurs, s'il est nécessaire de revenir sur l'idée d'une « croissance spontanée de la connaissance » (Schroyer, 1984, p. 715) pour « aligner les disciplines scientifiques sur les objectifs politiques et économiques » (Johnston, 1976, p. 311), il est tout aussi crucial de reconnaître l'importance des objectifs cognitifs dans le développement des théories. La description évolutive de la constitution des disciplines de recherche permet alors de composer ces deux exigences : l'autonomie est requise durant la phase paradigmatique et le développement scientifique peut être guidé « en partenariat avec les scientifiques, les politiques et les citoyens » (Pfetsch, 1979, p. 118) durant la phase post-paradigmatique.

La formulation de la *finalization thesis* a suscité plusieurs registres de commentaires. Comme toute position modérée, la thèse du groupe de Starnberg s'est attirée les critiques des radicaux des

deux bords. En premier lieu, une cabale anti-finalisation s'est mise en place sous l'égide de nombreux scientifiques allemands de renom, ayant débouché sur l'organisation d'un congrès à Munich en mars 1976. Leurs arguments, largement diffusés dans les journaux⁸², sont résumés par Pfetsch dans un article de 1979 (Pfetsch, 1979). Ils sont tout à fait typiques des argumentaires pro-autonomie présentés dans le chapitre précédent. On y trouve la crainte d'une politisation de la science (sur fond de référence aux régimes totalitaires du XX^e siècle, du nazisme au stalinisme), associée à l'affirmation du lien entre autonomie et fécondité épistémique. L'assimilation aux philosophies marxistes des sciences est également prégnante. D'autre part, des analyses plus récentes établissent une filiation entre la théorie du groupe de Starnberg et la notion de science en Mode 2. Dans un article éloquentement nommé « From "Finalization" to "Mode 2" : Old Wine in New Bottles », Weingart juge ainsi que l'approche développée autour de la notion de finalisation est annonciatrice des différentes théories ayant germé dans les années 1990 à propos des « nouvelles formes de production du savoir » (Weingart, 1997, p. 591). L'auteur s'étonne donc que les travaux de Böhme *et al.* ne soient absolument pas cités dans ceux de Gibbons et Nowotny. Cependant, il est aisé de remarquer que ces derniers sont, en fait, très éloignés du modèle développé en 1976 à l'Institut Max-Planck. Les analyses développées dans cette section suffisent à mesurer la profondeur du gouffre qui sépare les deux approches. Alors que les penseurs du Mode 2 sortent du champ de l'épistémologie, en abandonnant toute référence aux notions de vérités et de réalité, la *finalization thesis* reste attachée à la notion de progrès des connaissances et s'intéresse à la structure des théories scientifiques. Alors que les tenants de la « nouvelle production du savoir » souhaitent dissoudre l'autonomie de la recherche dans une agora lui imposant ses objets, le groupe de Starnberg croit en la nécessité de maintenir une forme d'autonomie dans certaines phases du développement scientifique. Les idées défendues par Böhme *et al.* pourraient même faire figure d'arguments contre une certaine forme de constructivisme radical : avec le recul, c'est ce que défend l'un des auteurs initiaux de la *finalization thesis* (Van Daele) dans l'article intitulé « Finalization in Science » de l'*International Encyclopedia of the Social Sciences*. Il lie la théorie de la finalisation à l'idée selon laquelle « la notion d'une séparation catégorique entre la connaissance et le pouvoir, les intérêts, les relations sociales, doit être réhabilitée. Cela ne

⁸²Pfetsch donne les titres de quelques-uns des articles publiés en 1976 : « Fear of a 1984 for German Science? » (*Die Welt*), « Science in Danger? » (*Süddeutsche Zeitung*), « Confusing Positions in the Republic of Science. Politicization of Science » (*Neue Zürcher Zeitung*), « How Science is menaced in the Federal Republic...to warn the public of demands by neo-marxists » (*Merkur*), « About Science Policy and the Understandable Fear of the Citizen » (*Neue Zürcher Zeitung*), « Against Planned Destruction » (*Mitteilungen des Hochschulverbandes*), « Liberty of Science to Retire? » (*Die Press*).

mettrait pas en danger l'étude sociale des sciences, mais éliminerait simplement quelques interprétations fautives des sociologues qui observent la science et nous évitera peut-être de nouvelles "guerres des sciences" » (Van den Daele, 2001, p. 5654). Cette affirmation montre très clairement que les arguments du groupe *Alternatives in Science* sont bâtis avec le souci de distinguer différents sens de la notion d'autonomie. Le fait que la définition des objectifs de la science puisse être (positivement) influencée par des problèmes externes au champ scientifique n'a pas pour conséquence la remise en cause de la nécessaire autonomie axiologique de la science.

Comment ces différents arguments insistant sur le contexte social, politique et économique de l'élaboration des connaissances sont-ils susceptibles de constituer une réponse pertinente aux thèses I (libérale) et II (anti-utilitariste) ? Afin de mieux cerner leur portée et leurs limites au regard de la problématique qui est la nôtre, nous proposons de cibler certaines faiblesses émaillant ces discours. Pour ce faire, nous centrons tout d'abord notre analyse sur leur traitement de la notion de science pure – et en particulier, de ce qu'ils considèrent souvent comme le « mythe de la science pure ».

II.3 Le mythe du « mythe de la science pure »

Comme nous l'avons montré précédemment, un certain nombre d'auteurs ont développé des analyses de la notion de science pure insistant sur le contexte de sa naissance et de son utilisation, de manière à mettre au jour son caractère historiquement *contingent*. Cette démarche tend à diminuer la pertinence de ce concept : son ancrage dans le réel est vu comme transitoire, contextuel et limité. L'établissement d'une généalogie de la science pure devient dès lors un outil pour en discréditer la valeur : la pureté est une notion purement idéologique, contingente et qu'il convient d'abattre. Ce programme est transparent chez de nombreux auteurs, partageant le même désir de dévoiler une réalité cachée derrière ce qui est décrit comme une image positiviste de la science. La notion de technoscience aurait ainsi pour mission explicite de « démolir le mythe de la pureté » ou de « dégonfler l'idole de la science pure » (Bensaude-Vincent, 2009, p. 53). De la même manière, Kitcher s'applique à remettre en cause le « mythe de la pureté », consistant à supposer « qu'il existe une distinction simple entre science pure et science appliquée » (Kitcher, 2001, p. 131). Ce « mythe » ou ce « dogme » serait, ainsi, entièrement idéologique. Comment expliquer alors qu'il se soit progressivement imposé au cours du siècle dernier ? Une approche purement sociologique de la question fournit une grille d'analyse toute trouvée : la pureté serait une arme rhétorique utilisée par un groupe d'individus (les scientifiques) pour imposer leurs *intérêts*.

Ces intérêts seraient de natures multiples. Si l'on insiste sur l'ancrage de la science dans un contexte d'application qui lui confère son importance sociale et économique, on peut soupçonner tout d'abord que la notion de pureté ne fait que dissimuler un attrait pour le développement de nouvelles applications. C'est notamment le point de vue de Carnino, qui souligne « l'intérêt économique de la recherche savante » (Carnino, 2015, p. 126) et le fait que « le déploiement de l'empire de la science se fait en lien étroit avec l'industrie » (*Ibid.*, p. 167). Il ne se prive pas, ainsi, de relever ce paradoxe que l'émergence de la notion de science pure coïncide avec une période d'étroites collaborations entre les mondes académiques et industriels (p. 167). Dans le même registre, Mirowski soutient que la séparation entre le pure et l'appliqué est à rattacher à une stratégie d'allègement de la responsabilité scientifique, aux lendemains de l'explosion des premières bombes atomiques. Il s'agissait alors de soigneusement séparer les découvertes fondamentales, toujours souhaitables et leurs applications, potentiellement néfastes, mais source de pouvoir à ne pas tarir. En conséquence, « un grand nombre de dispositifs légaux, comptables, économiques, ont été inventés pour légitimer la catégorie de “science pure” » (Mirowski, 2004., p. 306).

L'aura entourant la science pure peut également être pensée au prisme de l'ambition individuelle des chercheurs : parés des nobles atours conférés par leur statuts, ceux-ci acquièrent un rôle social nourrissant leur attrait pour le pouvoir. En visant la figure de Louis Pasteur, Carnino note ainsi que « l'amour de la science apparaît comme un euphémisme pour désigner l'ambition savante, qui se travestit à peine lorsqu'elle s'adresse aux plus hautes sphères du pouvoir politique » (*Ibid.*, p. 155). Le scientifique français, notamment depuis les travaux de Latour sur la naissance de la microbiologie (Latour, 1984), est en effet devenu l'emblème d'une science dite pure, mais immergée à divers degrés dans la sphère sociale. Ses relations au pouvoir, le caractère tourné vers l'application de ses recherches, ses ambitions de savant sont disséquées afin d'invalidier le *mythe de la science pure*. Comme le note Raynaud, « les auteurs récents qui contestent le mythe de la science pure ont trouvé en Pasteur la figure emblématique du chercheur-entrepreneur » – c'est-à-dire la figure du chercheur pleinement intégré à un contexte historique, économique et social dont le concept de science pure tend artificiellement à l'éloigner (Raynaud, 2016, p. 185). De manière générale, la pureté serait finalement une arme rhétorique forgée par des scientifiques pour démontrer leur valeur

et motiver la générosité de leurs bailleurs de fonds, tout en garantissant leur autonomie⁸³.

La science serait donc une invention moderne, « servant à isoler les humains des multiples imbroglios dans lesquels ils évoluent » (Bensaude-Vincent, 2009, p. 54). Dans cette optique, toute construction de frontière (entre pure et appliqué, entre chercheur et ingénieur, entre science et technologie) est dénoncée comme tentative de simplification d'une réalité sociale échappant par nature à la catégorisation. Comme nous l'avons fait remarquer au début de cette partie, l'approche consistant à mettre au jour les dynamiques historiques d'autonomisation des différentes sphères d'activité sociales, dont la science, est louable. Cependant, il n'est pas évident que ce travail d'historien doive déboucher sur une entière relativisation des notions mises en cause. À notre avis, les analyses que livrent bon nombre de contempteurs du mythe de la pureté n'épuisent pas la question du *sens* de ce concept. Nous avons suggéré, dans le chapitre précédent, que la dynamique conflictuelle agitant le débat tend parfois à masquer ses véritables enjeux. Le problème de la science pure s'inscrit pleinement dans cette logique – telle est, du moins, l'hypothèse que nous chercherons ici à étayer. Pour ce faire, nous montrerons que s'il existe un mythe de la science pure, il existe aussi très certainement un « mythe du mythe de la science pure », érigeant en homme de paille un concept mal défini.

Premièrement, la dénonciation générique de la science pure entretient le flou sur la cible précise qui est visée. On relève ainsi plusieurs registres de critiques rangées indifféremment sous la bannière d'une déconstruction du « mythe ». Pour certain, la notion de pureté porte le rejet d'une certaine dimension *technique* de la science. Cette idée est très présente chez les avocats du concept de « technoscience », qui soulignent l'importance prise par la technique et la technologie dans la dynamique de l'enquête. Les scientifiques sont avant tout des artisans et des ingénieurs, « produisant et contrôlant techniquement leurs objets, même dans le recherche “pure” » (Klein, 2005, p. 140). C'est en ce sens que Bensaude-Vincent considère que « la science pure est une idole forgée au prix d'un coup de force qui tend à éclipser la dimension artisanale de la recherche » (Bensaude-Vincent, 2009, p. 50). La restitution de la réalité de la recherche passe donc par la description des « dimensions opératoires – technique et mathématique – des sciences contemporaines » (*Ibid.*, p. 9). Dimensions opératoires

⁸³La notion de science pure rentrerait alors parfaitement dans la dynamique décrite par B. Latour et S. Woolgar, pour qui les chercheurs « donnent l'impression d'être passé maîtres dans l'art de la persuasion. Ce dernier talent leur sert à convaincre les autres de l'importance de ceux qu'ils font, de la vérité de ce qu'ils disent et de l'intérêt qu'il y a à financer leurs projets » (Latour et Woolgar, 1986, p. 65, cité par Raynaud, 2016).

qui seraient éludées par une rhétorique de la pureté « s'évertu[ant] à dissimuler le rôle des techniques dans la construction du savoir » (*Ibid.*, p. 56). Le concept de technoscience est dès lors employé pour réparer l'injustice subie par la technique, décrite comme victime d'une dépréciation traditionnelle opérée au bénéfice du savoir théorique. Dans ce même registre, Hans Radder estime que la notion de science pure

suggère que les habiletés pratiques ne jouent aucun rôle (ou un rôle insignifiant) dans les sciences et dans la technologie fondée sur la science. Cependant, si nous prenons la pleine mesure de la pratique dans l'observation et l'expérimentation scientifique et technologique, on voit d'emblée que cette proposition n'a pas de sens. Après tout, comme tout observateur ou expérimentateur le sait, l'habileté manuelle est un aspect essentiel de la science et de la technologie d'observation et d'expérimentation (Radder, 2009, p. 73, cité par Raynaud, 2016).

En d'autres termes, le fait de montrer le rôle de la technique et de l'habileté manuelle dans la dynamique expérimentale suffirait à disqualifier la notion de science pure.

Un second registre de critique de la « pureté » met en valeur l'importance d'un certain contexte d'application présidant à l'orientation de l'enquête. C'est le cas chez Kitcher, qui cherche à mettre en valeur l'intrication des objectifs pratiques et épistémiques à travers ses « graphes de signification » (Kitcher, 2001, p. 121). Si la science ne peut alors que très rarement être considérée comme pure, c'est qu'elle est rarement détachée de préoccupations utilitaires. Cette critique a été abondamment développée sur des cas concrets. Citons par exemple les travaux de Pickering sur le financement de la recherche fondamentale aux États-Unis dans la dynamique de l'après-guerre. Le sociologue américain a ainsi suggéré que la place centrale qu'a prise la physique des hautes énergies dans la science contemporaine est directement liée à une symbiose entre les intérêts des militaires et ceux de la physique théorique (Pickering, 1989). De manière plus générale, plusieurs auteurs se sont attachés à montrer que le partenariat étroit mis en place entre la science et le Département américain de la Défense pendant la guerre et qui est resté de mise lorsque celle-ci s'est achevée, a eu des conséquences durables sur l'orientation de la science⁸⁴. La critique de la notion de « rupture historique » (*epochal break*), initiée notamment suite à la formulation des thèses de Gibbons sur le Mode 2, a également donné lieu à une réaffirmation du lien unissant dès l'origine la science et la sphère économique (Pestre, 2003b ; Wengenroth, 2003). Il est même assez courant de noter que c'est le Mode

⁸⁴On pourra par exemple se référer à Debailly (2015), p. 28, pour un panorama de ces travaux.

1, qui, finalement, est historiquement contingent (Rip, 2011)⁸⁵.

La charge contre la « pureté » émanant de la notion de contexte d'application est renforcée par la question des *valeurs*. Dans cette optique, la science n'est pas pure, car elle perméable à différents types de valeurs portées par la société qui l'environne. Nous avons déjà évoqué cette ligne argumentative dans la section précédente. Notons simplement ici que la critique du *Value-Free Ideal* sert de point d'appui à une attaque plus générale dirigée contre le « mythe de la science pure ». Ainsi, Kitcher remarque-t-il que le « mythe de la pureté », en supposant une distinction nette entre science et technologie, postule qu' « au-delà de l'obligation faite aux scientifiques de poursuivre leurs expériences d'une manière moralement acceptable, il n'existe pas d'autres standards, moraux, sociaux ou politiques auxquels la science doit se soumettre » (Kitcher, 2001, p. 136). En d'autres termes, la science doit refuser l'entrée de valeurs autres que celles réglant ses normes méthodologiques internes. Position décrite par ailleurs comme typique du *Value-Free Ideal* (Douglas, 2009).

Un dernier registre de critique de l'idée de « pureté » mobilise la notion générale d'*intéressement*. Le « mythe de la science pure » consisterait alors à défendre l'idée que seule la curiosité pour le savoir joue dans la dynamique de l'enquête. En conséquence, toute preuve d'un ancrage de la science dans la *subjectivité* humaine est alors suffisante pour dégonfler cette idole. Kitcher utilise cet argument de la manière suivante :

Le scientifique pur que nous avons envisagé est un personnage dont l'âme est extraordinairement noble. Aucune considération de gloire ou de fortune n'entre dans ses motivations. Quand de tels mobiles entrent en jeu, comment faut-il les classer ? Des préoccupations pratiques ne se glissent-elles pas presque toujours quelque part ? (Kitcher, 2011, p. 133).

Les *considérations pratiques* sont ici considérées sous un angle très large, puisqu'elles incluent les notions de *gloire* et de *fortune*. Le caractère vague de cette notion de *pratique* permet donc d'étendre la portée de l'entreprise de déconstruction du mythe. La même astuce argumentative se retrouve dans la notion d'*intérêts*. Carnino affirme ainsi que « la condition d'existence de la science pure n'est autre que la recherche désintéressée » (Carnino, 2015, p. 127), le désintéressement étant défini

⁸⁵Rip considère ainsi que le financement public de la recherche a initié, à la fin du XIX^e siècle, un mouvement d'institutionnalisation, venant remplacer la logique de mécénat qui prévalait jusqu'alors. Cela a conduit à la mise en place du « Mode 1 » de la science, qui est donc « historiquement situé » (Rip, 2011, p. 199).

ailleurs comme le fait de se situer « hors de la sphère des intérêts humains » (p. 74). Mais comment définir les *intérêts humains* ? S'agit-il de considérer que l'homme de science doit être dépourvu de toute ambition personnelle ? De tout désir de transformation du monde ? De tout attrait pour le gain ? Il est aisé, on s'en doute, de mêler ces différents registres dans une attaque massive contre la science pure. Cette traque menée contre le « désintéressement » est une stratégie ancienne visant à fragiliser l'image d'une science autonome. Shinn et Ragouet citent ainsi, comme l'un des ouvrages annonçant les courants antidifférentiationnistes contemporains, *The Subjective Side of Science* paru en 1974 (Mitroff, 1974), dans lequel l'auteur dépeint les chercheurs « comme des individus plus motivés par l'appât du gain personnel et l'ambition que par le désir de participer à l'accroissement du savoir » (Shinn et Ragouet, 2005, p. 24). Ainsi, la dénonciation générique de l'*intéressement* (ambition, appât du gain, désir d'innover) nourrit la critique de la notion de pureté et plus généralement, des prétentions scientifiques à l'autonomie. Raynaud résume cette posture de la manière suivante :

Volonté de domination, course effrénée à la gloire, primat de l'action sur la connaissance (...), association indissoluble de la technologie et de la science ne sont au fond que des variations sur un jugement moral : l'homme est un être intéressé. Il est incapable de connaissance théorique. Pour ces auteurs, les mathématiques, la cosmologie, l'astrophysique, la physique théorique, la paléontologie, la palynologie, l'archéobotanique, la cladistique, l'archéologie et l'histoire médiévale sont dictées par un unique désir : dominer le monde (Raynaud, 2016, p. 26).

La notion d'intéressement permet donc de relier la sphère éthérée de la recherche pure au monde des hommes et de désacraliser ainsi l'entreprise scientifique. Raynaud propose, dans l'extrait précédent, un contre-argument, en faisant valoir que toutes les sciences ne sont pas concernées de la même manière par ce procès en intéressement. En particulier, des disciplines très éloignées, à première vue, de l'application (comme l'archéobotanique ou l'histoire médiévale), sont moins susceptibles de participer à des enjeux de pouvoir, ou de céder facilement aux sirènes de la commercialisation. Plus globalement, une certaine forme d'intéressement peut tout à fait être assumée dans la défense d'une science autonome. Polanyi lui-même reconnaissait sans hésiter que « le scientifique cherche lui aussi la réussite professionnelle et si la droiture de l'enquête est respectée, l'ambition sera un véritable aiguillon de la découverte » (Polanyi, 1966, p. 79). Cette évocation de la droiture de l'enquête trace ainsi une piste de conciliation entre l'image idéalisée d'une science totalement désincarnée et le refus de lui accorder de valeur épistémique particulière. Si la recherche peut et doit s'intégrer aux passions humaines, il existe un noyau de normes à préserver. Il est donc tout à fait possible d'imaginer des pistes de réponse à la critique de l'« intéressement ». Encore faut-il analyser cette notion de manière

plus fine que ne le font habituellement les contempteurs de la science pure.

De manière générale, les trois registres de critique que nous avons détaillés (dimension technoscientifique, prégnance du contexte d'application, intéressement de la science) tendent à former un conglomérat indifférencié ne facilitant pas cette démarche de clarification conceptuelle. Le passage suivant, tiré de l'ouvrage récent de Carnino, illustre à merveille cette tendance :

Une fois passée au crible de l'histoire, la science se révèle assez largement tributaire d'influences extérieures. Et il ne s'agit pas ici d'une "mauvaise science", "biaisée" par des facteurs extrinsèques : les travaux les plus prestigieux de l'histoire des savoirs savants se trouvent inextricablement mêlés au contexte politique, technique, économique et social. Galilée peut développer son astronomie parce qu'il est un brillant courtisan de l'entourage du duc de Médicis. L'œuvre de Newton doit beaucoup à la numérologie biblique et à la charge de directeur de la monnaie royale qu'exerçait le physicien. C'est son savoir-faire artisanal brasseur qui permet à Joule d'élaborer sa loi d'équivalence entre travail mécanique et chaleur. Les travaux physiques de Lord Kelvin et son rôle dans la pose de la télégraphie transatlantique sont profondément intriqués. L'influence des préjugés de genre dans la production du savoir biologique relatif aux sécrétions hormonales est déterminante. Dans la découverte des ondes radio par Heinrich Hertz, la théorie joue une part quasi-négligeable (puisque les calculs de Hertz étaient faux), alors que le dispositif technique est vecteur d'adhésion de la communauté internationale. Le jeune Einstein élabore sa théorie de la relativité en lien étroit avec ses préoccupations au sein du bureau des brevets à Berne (Carnino, 2015, p. 10).

On trouve mêlés, dans cet extrait, les différents registres de critiques de la notion de pureté que nous avons relevés. Le cas de Galilée illustre l'inévitable dépendance du scientifique à sa source de financement. Newton est utilisé pour mettre au jour le rôle que peuvent jouer les croyances individuelles dans l'élaboration des théories. L'exemple de Joule souligne l'ancrage technique et artisanal de la science. Pour Kelvin et Einstein, c'est l'influence des considérations pratiques qui est mise au centre de la dynamique de l'enquête. Enfin, le rôle des hypothèses d'arrière plan est défendu à travers l'exemple des connaissances élaborées en biologie. Tous ces cas, de nature pourtant bien différente, sont ainsi regroupés comme manifestation des « influences extérieures » sur le développement scientifique. La critique du « mythe de la pureté » profite bien souvent de cette joyeuse cacophonie pour s'assurer un triomphe facile sur une prétendue tradition défendant l'idée que la science est, et doit être, supra-humaine dans toutes ses dimensions. Cette logique argumentative maintient un flou quant à la cible précise du procès en « impureté » intenté à la science. Attaque-t-on la pureté de ses objets ? De ses normes ? De ses pratiques expérimentales ? De ses intérêts non épistémiques ? Si l'on prend la peine de les différencier, il apparaît sans difficulté que ces multiples

registres n'ouvrent pas, en réalité, aux même types de débats. La dimension technique de la science, la question des valeurs, le lien avec le souci de l'utile, le rôle de l'ambition professionnelle, voire la figure du chercheur-entrepreneur constituent des questions en grande partie indépendantes. Or, toutes tendent à converger dans une critique générique de la science pure. L'effet argumentatif est immédiat : en mêlant tous les registres de « pureté », on assimile également les différents types d'autonomie revendiqués par la champ scientifique. Ainsi, la mise en cause de l'autonomie axiologique du champ scientifique débouche-t-elle sur une critique de son autonomie dans le choix de ses orientations. Ce glissement est bien visible, par exemple, chez Kitcher (2004). Puisque « des valeurs morales, sociales et politiques » influent sur « la pratique de la science » (p. 52), il est tout naturel de remettre en cause l'autonomie scientifique (la possibilité de fixer en interne les directions de la recherche) comme « un legs d'un autre âge » (p. 57). Puisque le « value-free ideal » est un mythe, aucune demande d'autonomie ne peut être légitime. Bien évidemment, ce type de raccourci ne saurait répondre de manière intellectuellement satisfaisante à la problématique que nous avons posée – problématique qui centre volontairement le problème sur son aspect épistémique et qui pose l'existence irréductible d'une certaine autonomie axiologique de la science.

Contre la critique facile d'un concept de pureté construit de toutes pièces, il nous semble plus intéressant de considérer cette notion comme une forme d'idéal régulateur, toujours présent dans les débats bien que sa trace dans la réalité de la recherche soit par nature difficile à appréhender. Les critiques de la pureté de la science n'ont pas attendu les *Sciences Studies* pour se manifester ; il s'agit même sans doute d'un leitmotiv ayant accompagné dès le départ l'émergence institutionnelle du champ scientifique. Dans ce cadre, les références traditionnelles à la notion de science « pure » sont-elles rarement aussi naïves que ne voudraient le faire croire ses détracteurs contemporains. Bien au contraire, il est courant de trouver la manifestation, assortie à la défense de cette notion, d'une conscience aigüe des difficultés qu'elle génère. Ainsi, Georges Teissier, directeur du CNRS dans l'après-guerre, notait-il en 1946 que :

Dans le cas de la science pure, le chercheur se préoccupe uniquement, en principe, d'accroître nos connaissances, sans se préoccuper de savoir si celles-ci sont d'utilité quelconque et ne désire en somme comme récompense de ses efforts qu'une satisfaction esthétique d'un ordre particulier. Dans la science appliquée, le chercheur se propose d'obtenir un résultat, qui, d'une façon ou d'une autre, pourra être utilisé à des fins pratiques. Distinction qui paraît facile à première vue, mais qui est en réalité souvent malaisée et parfois arbitraire (...). Où placerons-nous la coupure entre science pure et science appliquée ? (Teissier, 2011 [1946], p. 129).

La volonté de conserver la notion de science pure comme idéal n'implique en rien l'idolâtrie béate d'une recherche clairement détachée du monde qui l'entoure. Il s'agit bien plutôt de défendre certaines valeurs que l'on juge cruciales et que l'on sent menacées – en premier lieu, la distinction entre la science et ses applications. On trouve cette idée chez Lévy-Bruhl, qui rappelait, en 1949, la nécessité de « maintenir une distinction entre la science et ses applications », avant d'ajouter, lucide : « je sais que cette distinction n'est plus à la mode et que l'on se gausse de l'appellation de “science pure”, comme si ceux qui l'emploient prétendaient l'opposer à une science inférieure “impure” ». Lévy-Bruhl fait donc montre d'une pleine conscience des critiques qui peuvent être adressées à la notion de pureté, qu'il tente de réhabiliter malgré les remarques moqueuses qu'elle suscite. Cet extrait est remarquablement en résonance avec le commentaire récent de Raynaud, jugeant qu'« il est aujourd'hui politiquement incorrect d'affirmer que la science fondamentale existe après tous les discours produits sur le thème de la “science impure” » (Raynaud, 2016, p. 294). À plus de soixante ans d'intervalle, la posture argumentative est la même et nous proposons de la résumer comme suit : il y a sans doute beaucoup de raisons de critiquer l'idéal de pureté, qui a subi et subit encore de fréquentes attaques, mais il n'en reste pas moins que la réalité qu'il recouvre a un *sens*. Ce sens, les attaques unilatérales contre les catégories de science pure et de science fondamentale ne lui rendent pas justice. Ainsi, pour Raynaud, ces « professions de foi utilitaristes ne se substituent pas au réel. Bien que certaines théories dépendent de finalités pratiques, en chimie, par exemple, cet énoncé », ajoute-t-il en évoquant le thème de la fusion entre science pure et science appliquée, « n'est pas vrai en général. Les mathématiques, la physique théorique, l'astrophysique ou la paléontologie poursuivent essentiellement des buts de connaissance » (Raynaud, 2016, p. 294). On retrouve cette idée sous la plume de l'historien Vincent Duclert, remarquant, à propos de l'épineuse question de la frontière entre science fondamentale et science appliquée, que « certains tentent d'éluder le problème en considérant que la distinction entre recherche fondamentale et recherche appliquée est un concept obsolète qui n'a plus de justification dans le cadre de la science actuelle (...). Il n'en reste pas moins que recherche fondamentale et appliquée diffèrent profondément en ce qui concerne la pratique du métier de chercheur » (Duclert et Chatriot, 2003, p. 31). Persistent ainsi, à travers les décennies, des hypothèses fondamentales que ne parviennent pas à éliminer le feu des critiques répétées contre l'idéal de pureté. Parmi celles-ci, on trouve sans doute l'idée du lien entre l'autonomie axiologique de la science et le rapport particulier qu'elle entretient avec le réel. Cet aspect du débat a été bien étudié par Lamy, dans son travail de thèse portant sur la fragmentation (supposée) de la science contemporaine à l'épreuve de son ouverture au marché et à la société (Lamy,

2005). En partant de la ligne de tension partageant les positions différentiationnistes et antidifférentiationnistes (concernant la perméabilité du champ scientifique au contexte), il montre que même les « chercheurs-entrepreneurs » restent attachés aux valeurs de la recherche universitaire. Ainsi, il existe un ensemble de normes, de règles de comportement qui, en dépit de la variabilité de l'environnement social, exercent une « force de rappel » sur les scientifiques. Bien évidemment, ces normes ne sont pas aisées à clarifier (on pourrait par exemple, comme tant d'autres, dénoncer l'ingénuité de la sociologie mertonienne) et Lamy ne s'engage d'ailleurs pas sur cette voie ; il n'empêche que la présence d'un noyau dur épistémique constitue une intuition fondamentale qu'il est difficile d'ignorer lorsqu'on cherche à penser la notion d'autonomie scientifique. Dans ce cadre, l'auteur considère que face à ce qui est perçu comme une menace à l'intégrité de cette forme de culture scientifique, la croyance en *l'unité axiologique des sciences* constitue un *idéal régulateur*. Son manque de clarté et les difficultés manifestes auxquelles il est confronté dans la science contemporaine n'enlèvent rien à la force des prises de position qu'il motive.

Cette dimension du débat est liée à la question de l'autonomie au sens de l'autonomie axiologique, que nous ne considérons pas dans notre discussion. En revanche, un autre concept semble consubstantiel à la notion de science pure : celui de curiosité. Ce dernier nous concerne plus directement, car il ouvre la question de la dynamique propre de la recherche. De manière remarquable, l'idée que la curiosité est une vertu nécessaire pour motiver l'enquête se retrouve de manière ubiquitaire, quitte à soulever certains paradoxes. Ainsi, Nowotny, théoricienne du Mode 2, ayant pu soutenir que « l'autonomie scientifique devra prendre des formes très localisées [et] devra être justifiée dans chaque cas et pour chaque projet de recherche » (Nowotny, 2003 [2001], p. 296), n'hésite pas à clamer par ailleurs que « la curiosité scientifique est le moteur de toute recherche. Mais il y a quelque chose dans cette curiosité qui vous dépasse. C'est une véritable passion et lorsque vous êtes animés par cette curiosité, vous ne savez pas où tout cela va vous mener. Et cela vous est égal, parce que vous êtes totalement passionnés, totalement dépassés. Et vous laissez la curiosité vous amener là où elle veut vous amener (...). La science est basée sur une valeur sociétale très importante, qui est de garantir la liberté de la recherche » (Nowotny, 2013). Il y a là une ambiguïté frappante, qui mérite d'être creusée. Comment concilier l'image d'une science plongée dans une agora métissée, où la liberté de recherche n'est plus qu'une vaine relique idéologique, avec la mise en valeur de la curiosité individuelle du scientifique comme principe devant guider la recherche ?

De manière intéressante, on retrouve le même type d'ambiguïté dans l'ouvrage à quatre mains

rédigé par le généticien Axel Kahn et le philosophe Dominique Lecourt, intitulé *Bioéthique et libertés* (Kahn et Lecourt, 2004). Tous les deux font montre d'une étrange schizophrénie, en critiquant à la fois le mythe d'un âge d'or où la science aurait été libre de suivre les voies ouvertes par la pure curiosité intellectuelle des chercheurs et un certain utilitarisme contemporain orientant l'enquête sur des voies qui ne sont pas les siennes. Ainsi, Lecourt, après avoir affirmé que « l'idée qu'il existe un âge d'or où la science se serait développée de façon pure, simplement habitée par le désir de connaissance, [lui] paraît plus que douteuse » (*Ibid.*, p. 57), se fait le défenseur de la libre enquête en soutenant que

l'injonction préalable à justifier une recherche par des applications potentielles est une atteinte à la liberté de recherche. On a vu en 1948 en Union Soviétique à quels désastres épistémiques, économiques et politiques peut mener une telle exigence (...). On sait, par expérience, que seule la liberté dans la recherche fondamentale permet de progresser et de produire, à l'occasion, des résultats qui pourront donner lieu, parfois bien plus tard, à des applications inattendues (*Ibid.*, p. 60-61).

Si l'existence d'une curiosité pure est une illusion, sur quelles bases défendre une recherche fondamentale libre ? Si le désir de connaissances n'est jamais le seul moteur de l'enquête, quel problème cela pose-t-il de justifier officiellement une recherche par ses applications ? Kahn fait montre d'un esprit de contradiction similaire, en soutenant que « la notion d'une science qui, au départ, eût été totalement fidèle à un idéal d'universalisme et serait aujourd'hui devenue mercantile, n'est pas juste » (Kahn et Lecourt, 2004, p. 47), avant de regretter, quelques pages plus loin, la finalisation de la science par l'économie :

Pour avoir les moyens de conduire ses travaux de façon compétitive le chercheur doit conclure des alliances avec des sources de financement privées. Lorsque, grâce à des trésors d'ingéniosité, une équipe est parvenue à conserver son indépendance d'inspiration et de problématique et désire mener des programmes non finalisés, mue seulement par sa curiosité scientifique, elle se heurte aux instances d'évaluation des organismes de recherche. On demande de plus en plus au scientifique, pour se financer, de justifier en quoi la science qu'il poursuit débouchera sur l'accroissement d'un pouvoir technique (...). Tous ces éléments aboutissent de fait à la situation de dépendance croissante entre la science et l'économie (*Ibid.*, p. 59-60).

Or, si la science a toujours été mercantile, pourquoi critiquer l'emprise que le marché exerce sur elle ? À moins de souligner les dérives méthodologiques liées à la commercialisation, ce que ne fait pas Kahn, ses deux assertions entrent en contradiction flagrante.

Ainsi, au-delà de la réelle perméabilité de la science à un *quelque chose* qui lui est extérieur (des valeurs, des objectifs), l'idée selon laquelle il faut préserver une certaine autonomie de la science

dans la détermination de ses objectifs reste prégnante. La curiosité des chercheurs reste une valeur de référence pour décrire l'activité scientifique – même s'il est évident pour la majorité qu'elle n'est pas le seul moteur. Une idée proche est d'ailleurs suggérée en conclusion de l'instructive étude menée par Calvert et Martin (2001), analysant le regard que les chercheurs portent sur la notion de « science fondamentale ». Pour eux,

il y a un point qui ne doit pas être sous-estimé dans toute analyse du concept de recherche fondamentale (*basic research*) : le caractère *idéal* de cette notion pour les scientifiques. La plupart de ceux que nous avons interrogés décrivent abstraitement la science fondamentale comme autonome et conduite seulement par la curiosité, mais lorsqu'ils en viennent à décrire pratiquement leur propre travail, ils tiennent des discours assez différents. Par exemple, même s'ils insistent fortement sur le rôle de la curiosité dans la recherche fondamentale, plusieurs scientifiques ont démontré, en discutant de leur recherche, qu'ils étaient motivés par des objectifs bien plus pragmatiques (...). Beaucoup des scientifiques qui présentent une image idéalisée de la science comme une quête désintéressée de la connaissance ne décrivent pas leur propre travail de cette manière (Calvert et Martin, 2001, p. 14).

Cette conclusion vient au terme d'une série d'entretiens, réalisés avec une cinquantaine de scientifiques de tous horizons, permettant d'analyser finement les différentes directions dans lesquelles se déploie la notion de science fondamentale. Calvert et Martin montrent ainsi que l'attribution du caractère « pur » ou « fondamental » dépend d'un certain nombre de critères, souvent combinés. Les deux principaux sont, comme on s'y attend, d'ordre *épistémique* et *intentionnel*. Dans plus de la moitié des cas (27 sur 49), ces deux termes sont combinés : la science fondamentale est ainsi définie comme poursuivant une recherche éloignée de toute préoccupation pratique dans ses objectifs et conduisant à l'élaboration d'un savoir lui-même « fondamental » (général, théorique, découvrant la base physique des phénomènes). Sont également cités des critères institutionnels (les laboratoires industriels ne font pas de la recherche véritablement fondamentale) et la norme de dissémination (résultats publiés ou brevetés). Il faut ainsi noter un manque de clarté dans la définition exacte apportée par les scientifiques aux notions de science « pure » ou « fondamentale » :

La plupart des scientifiques interviewés, dans leur définition des recherches « pure », « fondamentale », ou « blue-skies » se réfèrent à des idées similaires à celles qui sont associées à la « basic research ». Ils mettent en valeur, cependant, des subtilités dans ces distinctions (indiquant qu'il n'y a pas de définition claire) et illustrent le fait que les scientifiques ont des idées très différentes à propos du terme « basic research » (Calvert et Martin, 2001, p. 15).

Ce manque de clarté des notions de science pure, fondamentale, ou *Blue-Sky*, est indéniable. Pour finir de s'en convaincre, référons-nous à deux textes récents, publié en 2014 par un groupe d'uni-

versités australiennes pour l'un (Collectif, 2014) et dans le journal du MIT au printemps de cette même année pour l'autre (Karagianis, 2014). Dédiés à la promotion de la science fondamentale (*basic research*), ils mêlent plusieurs registres argumentatifs, qui reflètent autant de descriptions de ce qui *définit* une telle science fondamentale. On y trouve l'idée d'une valeur intrinsèque de la connaissance⁸⁶, d'une certaine distance vis-à-vis des questions d'ordre pratique⁸⁷, auxquelles la science est liée en vertu du *modèle linéaire*⁸⁸ et du caractère singulier (général, théorique) du savoir élaboré dans ce cadre⁸⁹. Dans cette notion de science fondamentale, se mêlent donc un idéal de pureté des *intentions* (maintenir toute application potentielle à distance), un éloge de la *curiosité* et un critère d'ordre épistémique, mettant en avant la *généralité* et le caractère *fondationnel* des connaissances produites. Ces critères correspondent bien à ceux retenus par Calvert et Martin dans leur étude statistique.

Outre l'idée classique de la supériorité épistémique d'une science ayant des objectifs purement cognitifs, qui rejoint notre thèse anti-utilitariste, la notion de science fondamentale recouvre également certaines hypothèses sur la dynamique de la recherche à l'échelle individuelle (qui se rattachent plutôt à la thèse libérale). La « forte insistance sur la notion de curiosité » (Calvert et Martin, 2001, p. 12) souligne ainsi la nécessité d'octroyer une *certaine* autonomie à petite échelle – celle de l'individu, du groupe de recherche. De manière intéressante, cette insistance perdure dans les discours, malgré les assauts répétés contre l'idéal de la science pure. Comme le note Nordmann :

Bien qu'ils n'insistent plus sur le maintien d'une différence entre représentation et intervention et bien qu'ils reconnaissent la proximité croissante de leur recherche

⁸⁶ « Selon moi, la science fondamentale est le meilleur objectif que l'humanité peut poursuivre, non pas parce qu'elle mène à des applications nouvelles, mais parce qu'elle permet d'approfondir notre compréhension du monde. Pour moi, il n'y a pas de plus grand plaisir que la joie de la découverte » (Collectif, 2014, p. 5).

⁸⁷ « Une recherche est un travail mené en premier lieu pour acquérir des connaissances nouvelles sur les fondations théoriques des phénomènes observables, sans avoir en vue d'application particulière » (Collectif, 2014, p. 3), « Avec la recherche fondamentale, on ne peut prévoir les applications avant d'avoir effectivement réalisé les découvertes » (Karagianis, 2014, p. 7).

⁸⁸ « La relation entre science fondamentale et science appliquée est, par nature, symbiotique. De la même manière que les abeilles utilisent le pollen pour produire le miel et que les plantes utilisent les abeilles pour répandre leur pollen, les chercheurs appliqués s'appuient sur la recherche fondamentale pour créer de nouveaux produits et les chercheurs fondamentaux passent par la science appliquée pour rendre leurs découvertes utiles » (Collectif, 2014, p. 3), « Lorsqu'un résultat de la science fondamentale peut aider l'humanité, c'est avec un certain décalage : l'utilité possible d'une découverte est, le plus souvent, inconnue au départ » (Karagianis, 2014, p. 11).

⁸⁹ « La recherche fondamentale révèle et explique le monde naturel, depuis les particules subatomiques, au fonctionnement des cellules, en passant par la structure de l'univers » (Karagianis, 2014, p. 11).

avec l'ingénierie, les scientifiques continuent à se définir eux-même comme des “chercheurs fondamentaux”, qui parcourent avec créativité les chemins tracés par leurs intérêts intellectuels (Nordmann, 2006, p. 9-10).

Tout se passe donc comme si cette « curiosité », ces « intérêts intellectuels » conçus comme moteur de la « créativité » des scientifiques, était considérés comme une propriété irréductible d'une recherche épistémiquement féconde. Si nous prenons au sérieux l'idée selon laquelle le « mythe de la science pure » possède une signification à décrypter, cette notion de curiosité est sans doute une piste importante à suivre. Il est nécessaire, en particulier, de préciser ce que l'on peut entendre, précisément, par « curiosité ». Quel type exact de curiosité individuelle peut être érigé en moteur nécessaire de la recherche scientifique ? Cette question sera abordée dans la deuxième partie de ce travail, dédiée à l'analyse de la thèse I (libérale).

Finalement, il apparaît que les critiques communes contre le « mythe de la science pure » ne constituent pas une réponse entièrement satisfaisante aux discours pro-autonomie. En agglomérant différentes sources d'impuretés (les intérêts non épistémiques des scientifiques, la perméabilité aux valeurs, le guidage par des questions pratiques et le lien à la technologie), ils tendent à construire un épouvantail argumentatif leur assurant un triomphe aisé sur un adversaire fantomatique. Ce faisant, ils négligent de considérer la propriété d'idéal régulateur que revêt cette notion : bien qu'elle ne trouve pas aisément de traduction dans la pratique concrète de la recherche, elle recouvre un certain nombre d'hypothèses fondamentales concernant la dynamique de la science, qu'il nous faudra examiner minutieusement. Certaines d'entre elles concerne la question de l'unité axiologique des sciences (Lamy, 2006). D'autres semblent plus directement liées aux modalités du choix des objets de recherche et à leur nature ; elles posent notamment l'existence de différences *essentiels* dans le processus de recherche selon que celui-ci porte sur une question pratique ou cognitive d'une part et qu'il est libre ou contraint d'autre part. La notion de curiosité est ici érigé en pierre de touche permettant de différencier ces deux régimes. Or, est-il légitime de considérer que la curiosité est une vertu inhérente à une recherche dédiée à des problèmes non liés au souci de l'utile ? Si la curiosité est une propriété à préserver, quel degré d'autonomie du champ scientifique est nécessaire à son épanouissement ? Ce concept de curiosité, central, recoupe ainsi les deux thèses I et II. Une critique massive et trop rapide du « mythe de la science pure » présente le désavantage de l'évacuer un peu vite du champ de la discussion. Une partie de notre travail consistera alors à réinvestir et à redéfinir cette notion de curiosité, afin de la remettre au centre de la réflexion sur les modes de pilotage de

la science. Nous proposerons pour ce faire (partie 2) une relecture de la perspective pragmatiste sur l'enquête, telle qu'elle a été développée notamment par Dewey.

Si les discours critiquant l'autonomie scientifique présentent certaines limites, réciproquement, les arguments développés en soutien des thèses pro-autonomie ont également des faiblesses qu'il convient d'identifier afin de les écarter de la discussion. Nous en avons relevé quatre, que nous détaillons dans la section suivante : la critique de l'évaluation par les pairs ; la recherche du savoir pour le savoir ; l'opposition entre liberté et objectifs ; et la valorisation de la diversité.

II.4 Les apories du principe de libre enquête

II.4.1 La critique de l'évaluation par les pairs

Nous avons vu, dans le premier chapitre, que le procès en conservatisme du processus d'évaluation par les pairs constituait un leitmotiv de nombreux discours pro-autonomie (Lee, 2015). Cette critique repose sur l'opposition intuitive entre la liberté individuelle du chercheur, source de créativité, et les contraintes pesant sur ses choix. En sélectionnant les articles publiés ou les projets financés, le processus d'évaluation par les pairs choisit de ne pas pleinement « faire confiance à l'habileté, l'instinct, la curiosité et la motivation du chercheur » (de Duve, 2004, p. 21687). Plusieurs types de réponses peuvent être élaborées pour contrer ce type d'argument. Une première piste possible consiste à remettre en cause le fait que l'évaluation par les pairs soit, dans les faits, un facteur de « conservatisme » limitant le développement de domaines de recherche encore balbutiants. Certains auteurs ont ainsi, depuis longtemps, cherché à étudier de plus près les processus d'évaluation par les pairs au sein des agences de financements. Par exemple, Travis et Collins (1991) se sont penchés sur le phénomène de « particularisme cognitif et institutionnel dans le système d'évaluation par les pairs ». Leur question de départ est la suivante : comment les décisions dans les comités chargés de sélectionner les projets soutenus par les grands organismes tels que la NSF, le NIH ou le SERC (finançant la recherche fondamentale en Grande-Bretagne) sont-elles prises ? Pour donner un fondement théorique à leur analyse, les auteurs commencent par ramener le problème de la diversité à celui de la représentativité des pairs chargés de l'évaluation vis-à-vis de l'état réel d'un champ épistémique. L'idée est que l'évaluation par les pairs risque d'inhiber la potentielle fécondité de l'enquête si les instances délibératives présentent une diversité moins importante que celle susceptible de se développer au sein de la communauté scientifique dans son ensemble. En effet, par un phéno-

mène de « similarité cognitive », les évaluateurs tendraient à privilégier les approches avec lesquelles ils entretiennent des affinités intellectuelles. Ainsi, il est nécessaire que la composition des comités reflète « les frontières cognitives *entre* et à *l'intérieur* des disciplines et spécialités scientifiques » (Travis et Collins, 1991, p. 327). La réalisation concrète de cette condition est particulièrement difficile à juger, comme les auteurs le reconnaissent eux-mêmes : il est en effet délicat de dresser une carte des « affiliations cognitives », surtout si l'on cherche à atteindre un niveau de détail suffisant pour juger adéquatement de la diversité épistémique réelle d'un champ donné (p. 328). Cela est d'autant plus vrai que l'existence d'une « boucle de rétroaction » est souvent dénoncée : le conservatisme de l'évaluation par les pairs tendrait à « saper la prise de risque et à favoriser la formulation de projets non innovants ». En gardant en tête l'ampleur de ces difficultés, les auteurs ont mené une étude cherchant à analyser les rapports d'une dizaine de réunions du SERC, portant sur la sélection de projets parmi 30 à 50 propositions. Chacune de ces propositions, examinée et commentée au préalable par deux évaluateurs, sont présentées par deux rapporteurs, spécialistes du sujet et menant les délibérations permettant d'attribuer une note au projet (sur une échelle de 1 à 5). Travis et Collins ont alors pu mettre en évidence plusieurs phénomènes influençant l'évaluation, dont les relations inter-personnelles entre les membres du comité, les évaluateurs et les chercheurs postulants. En outre, l'existence d'un risque de « particularisme cognitif » est avéré dans plusieurs cas et explicitement pris en considération dans les délibérations. Il est cependant délicat, selon les auteurs, de juger de l'étendue et des conséquences épistémiques du problème. Ils en déduisent simplement que « la recherche interdisciplinaire, la science spéculative, les espaces de controverses et les propositions risquées ont plus de chance de souffrir de conservatisme cognitif que la recherche conventionnelle (*mainstream*) » (p. 336). Malgré l'élaboration d'un cadre théorique stimulant, on sort donc difficilement des jugements intuitifs opposant la diversité potentielle émanant de la communauté scientifique, qui ne chercherait qu'à s'exprimer si on lui en laissait l'opportunité et un pouvoir décisionnaire monolithique et stérilisant. L'importance réelle de ces biais reste ainsi délicate à caractériser. Cette difficulté reste d'actualité : la philosophe Carole Lee notait ainsi récemment que « malgré les nombreuses critiques à l'encontre de l'évaluation par les pairs, un examen attentif des limitations empiriques et méthodologiques de la recherche sur les biais pose des questions à propos de l'existence et de l'étendue de nombreuses formes de ces biais supposés » (Lee, 2013, p. 2). Parmi ces derniers, on trouve les biais quant à la position sociale, le prestige ou la nationalité de l'auteur (p. 6-7), le contenu de la soumission (cas de particularisme cognitif, p. 8), ou encore une tendance naturelle au conservatisme (p. 9). Dans ce dernier cas, qui nous intéresse particulière-

ment ici, l'auteure note qu' « en dépit des accusations fréquentes de conservatisme, il n'y a pas de preuves empiriques pour étayer ou démentir de telles craintes » (p. 13). Autrement dit, l'idée selon laquelle l'évaluation par les pairs serait systématiquement biaisée en faveur de la plausibilité, de la valeur estimée d'un projet et aux dépens de son originalité doit être maniée avec précaution. Ainsi, le caractère intrinsèquement conservateur de l'évaluation par les pairs est délicat à établir empiriquement. D'autant plus que ce conservatisme supposé est pensé en contraste par rapport à une situation idéalisée où le fardeau de la créativité reposerait entièrement sur les épaules des chercheurs individuels ; or, rien ne dit que ces derniers soient, par nature, particulièrement anti-conservateurs. Notre critique de la thèse I aura justement pour objectif de revenir sur cette fausse évidence.

En dehors de cette critique commune du processus d'évaluation, difficilement justifiable sur un plan général, il nous semble qu'un argument plus nuancé peut être avancé. Ce dernier met en avant la *variabilité* de la revue par les pairs. Plusieurs études empiriques, menées notamment dans le domaine de la biomédecine, ont ainsi pu suggérer que le processus tend à être reproductible uniquement pour un nombre limité de projets, qui emportent l'adhésion consensuelle de tous les évaluateurs du panel. Par contre, pour la majorité de ces projets, la note obtenue est fortement dépendante de la personnalité, du parcours, des préférences subjectives des pairs (Mayo *et al.*, 2006 ; Graves, 2011 ; Boudreau *et al.*, 2016 ; Fang et Casadevall, 2016). Ces analyses servent de base à des propositions de financement assumant pleinement le caractère aléatoire de l'attribution des fonds et choisissant les projets par un système de loterie (Avin, 2018). Nous reviendrons plus en détail sur ces études dans la partie 4, mais notons dès à présent que ce type de remise en cause de l'évaluation par les pairs nous semblent effectivement pointer un défaut inhérent au processus : la variété des projets possibles, la provenance des évaluateurs, la distance intellectuelle de ces derniers avec les idées soumises, rend probable l'hypothèse de son manque d'efficacité pour estimer de manière fiable et reproductible l'intérêt de *tous* les projet. Il y a donc sans doute une part importante d'aléatoire, au moins pour une certaine proportion de projets. Nous suggérerons cependant qu'un mécanisme de financement par loterie est une manière trop simpliste de contourner le problème : nous proposerons, dans le chapitre XII, une autre méthode d'allocation qui prenne en compte les limites évidentes de la revue par les pairs, sans pour autant renoncer à la possibilité d'évaluer et de comparer la valeur des projets soumis.

II.4.2 Liberté de recherche et (néo)libéralisme

Comme nous l'avons noté dans le premier chapitre, il existe un type de discours défendant la liberté de recherche comme condition de l'*ouverture* du champ scientifique au marché, conçu comme une puissance émancipatrice. Dans cette perspective, la revendication d'autonomie scientifique a pour objectif de libérer la science de la tutelle, jugée stérilisante, de l'État. De manière intéressante, tout comme les discours critiquant la dérive marchande de la recherche, ces argumentaires s'appuient abondamment sur la thèse libérale, mettant l'accent sur la créativité du chercheur individuel. Ce discours néo-libéral a donc le mérite de faire surgir un point de tension dans les lignes de défense de l'autonomie scientifique : comment des arguments similaires peuvent-ils amener à définir l'ouverture au marché d'un côté comme la condition nécessaire au développement d'un authentique liberté de recherche et de l'autre comme son plus grand ennemi ? La notion d'autonomie scientifique cache donc un sérieux paradoxe. Ce paradoxe se manifeste d'ailleurs régulièrement dans le débat public, de manière plus ou moins explicite. Nous pensons ainsi pouvoir le débusquer au cœur d'une polémique ayant opposé en 2009 Bruno Latour aux opposants au projet de loi sur l'autonomie des universités. Dans un article publié dans *Le Monde* et daté du 25 février 2009, Latour s'en prend aux « crimes » que l'on « s'apprête à commettre au nom de l'autonomie » (Latour, 2009). Il y remarque « cette chose amusante que l'un des camps défend l'autonomie de la Science avec un grand S et attaque l'autonomie de l'Université, alors qu'on accuse l'autre de vouloir violer l'autonomie de la Science en défendant l'autonomie de l'institution ! Comme si l'on pouvait séparer le destin du savoir de la machinerie qui seule peut le produire ! » Ce qui l'amène à conclure par la sentence suivante : « ou vous demandez l'autonomie pour les deux, ou vous la refusez pour les deux ». Latour décrit ainsi les rapports de l'État aux Universités sur le mode de la dépendance : ces dernières seraient l'otage de pouvoirs publics qui excèderaient leur rôle de simple bailleur de fond en exerçant un contrôle néfaste sur leur fonctionnement. Dans ce cadre, Latour s'interroge :

D'ailleurs, est-on certain d'avoir encore vraiment besoin d'un ministère qui consacre des sommes considérables à surveiller en détail des institutions qui pourraient, si on les laissait enfin libres, très bien se débrouiller – à condition qu'on leur fournisse les moyens financiers ? Là encore, ce n'est pas l'excès mais le manque d'autonomie qui empêche les universités de décider enfin librement de leurs stratégies de recherche et de développement.

L'État est finalement décrit comme un carcan, qui nuit à la libre organisation des universités. Or, « la liberté de la recherche ne va pas sans liberté de s'organiser ». D'où cette injonction finale :

« qu'on donne enfin aux universitaires les moyens institutionnels de produire une science autonome ». La ressemblance avec les arguments de Keyworth est frappante : une véritable autonomie n'est envisageable que si les pouvoirs publics rendent possible une organisation souple de la recherche – et notamment, s'ils laissent une certaine latitude aux scientifiques dans le choix de leurs collaborations et de leurs sources de financements.

Les réponses à l'article de Latour ne se sont pas faites attendre. Citons par exemple le texte de Claude Calame, directeur d'étude à l'EHESS, publié le 27 février 2009 sur le site du mouvement « Sauvons l'Université⁹⁰ ». Face à la défense opérée par Latour de l'autonomie des universités, Calame objecte que

ce qui est fondamentalement en jeu dans ce que l'on veut faire passer pour des réformes, c'est la privatisation progressive et la marchandisation rampante des services publics. Par le jeu de la mise en concurrence, par l'idéologie de l'évaluation selon le critère de la rentabilité, par l'individualisation et la flexibilité quand ce n'est pas la précarisation des fonctions, l'une et l'autre sont largement engagées non seulement en France, mais dans tous les pays d'Europe, sur le modèle états-unien. Par ce biais on retire aux acteurs des institutions universitaires l'esprit d'enquête et la liberté de recherche prônées par Bruno Latour, qui oublie que les libertés démocratiques fondamentales sont désormais réduites à l'unique liberté du marché. Dans le domaine de la recherche, par la diminution drastique des financements « récurrents » et par la multiplication des appels d'offre pour des projets fortement limités dans le temps, on contraint les enseignants et les chercheurs à consacrer à des montages de projet et à leur évaluation l'énergie qui devrait être dévolue à la liberté créative du savoir ; pire, les contraintes de la sélection permettent l'élimination des projets les plus dérangeants et par conséquent les plus novateurs (Calame, 2009).

Le désengagement de l'État profite ainsi à « l'idéologie de marché ». Cette dernière exercerait en réalité une contrainte sur l'autonomie : on retrouve ici les arguments classiques déjà exposés, parmi lesquels la critique du système des appels d'offre et des appels à projets (opposés aux financements récurrents), et la crainte d'un appauvrissement de la dynamique de la recherche par l'élimination de projets novateurs. Ces mêmes idées sont exposées par André Gunthert, maître de conférence à l'EHESS, dans un texte proposé le premier mars 2009⁹¹. Il y défend la nécessaire « sanctuarisation » de la science :

La sanctuarisation de la science fait partie de ces conditions pratiques. Ce n'est pas pour des raisons philosophiques ou morales que cet avantage a été accordé aux

⁹⁰<http://www.sauvonsluniversite.com/spip.php?article1998> (consulté le 2 septembre 2018).

⁹¹<http://www.arhv.lhivic.org/index.php/2009/03/01/949-daniel-cohn-bendit-bruno-latour-et-les-mysteres-de-la-science> (consulté le 2 septembre 2018).

savants par la société. Mais parce que les bénéficiaires de l'activité scientifique, après plusieurs siècles d'expérimentation, ont constaté que la recherche fonctionne tout simplement beaucoup moins bien lorsque ses acteurs sont privés d'une dose suffisante d'indépendance et de liberté (Gunthert, 2009).

Cette liberté, elle « entre en opposition frontale avec les formes de la gouvernance néolibérale ». En d'autres termes, est réaffirmée la nécessité d'une protection de la science face aux pressions du marché pour optimiser sa fécondité épistémique.

Ces réponses faites à Latour offrent une solution possible à notre paradoxe de la libre enquête. Cette solution consiste à souligner le caractère *contraignant* d'une ouverture de la science. Loin d'accroître la liberté de recherche, la logique néolibérale l'entraverait. La panoplie des arguments anti-commercialisation peut ici être recyclée : contrôle externe sur les décisions de politique scientifique, biais divers liés à la commercialisation, restriction sur la circulation des informations⁹². Finalement, la prétendue libération par l'ouverture ne serait qu'une illusion, liée à une analyse trop rapide des effets pervers de l'idéologie libérale⁹³. Pour résoudre le problème et du même coup, invalider la critique néo-libérale de la « sanctuarisation » de la science, il suffirait donc de revenir aux arguments s'opposant à la « commercialisation ».

Cependant, le paradoxe que permet de soulever le discours néo-libéral met en lumière une hypothèse d'arrière plan sous-tendant un grand nombre d'argumentaires pro-autonomie et notamment celui de Polanyi : l'homme est naturellement attiré par une forme de savoir pur, détaché de la pratique. En d'autres termes, une science libre est forcément théorique et fondamentale. Réciproque-

⁹²Biddle résume cet argumentaire de la manière suivante : « il y a de bonnes raisons de croire que la commercialisation de la science n'a jamais apporté les bénéfices épistémiques et sociaux que Keyworth et ses autres partisans ont prétendu y trouver. Ces raisons concernent les biais liés aux conflits d'intérêts, l'inhibition du libre flux des informations qui résulte de la prolifération des brevets et des licences et les restrictions à la liberté scientifique dues au contrôle sur les décisions scientifiques » (Biddle, 2011, p. 256).

⁹³Cette idée se retrouve dans le traitement que Shinn et Ragouet réservent à la sociologie des sciences de Joseph Ben-David. Ils notent que ce dernier, farouchement opposé à toute interventionnisme étatique, cite les États-Unis comme un modèle à suivre : « en Amérique, prétend Ben-David, la communauté scientifique est totalement libre de décider de la direction, de la quantité et de la qualité de l'enseignement et de la recherche. Au sein de cette communauté, il y a une sorte de marché libre de l'offre et de la demande, qui assure le meilleur espoir de progrès » (Shinn et Ragouet, 2005, p. 39). Face à cette défense optimiste de l'idéologie néo-libérale en science, Shinn et Ragouet se demandent « comment Ben-David n'a-t-il pas vu que dans le système américain de production des connaissances, très lié aux intérêts de l'industrie, la recherche universitaire n'était pas toujours et nécessairement indépendante ? » (*Ibid.*, p. 41). En d'autres termes, la défense d'une libre enquête basée sur la croyance en la puissance émancipatrice du marché s'aveugle elle-même sur les effets pervers de la commercialisation de la science.

ment, une science tournée vers la pratique est nécessairement contrainte. Cette hypothèse permet de faire tenir, dans le concept d'autonomie, les deux exigences de libre enquête et de distance vis-à-vis de questions non strictement cognitives. En un sens, le discours néo-libéral consiste donc simplement à soustraire à la pensée polanyienne ce parti-pris. Cette opération amène nécessairement à reconnaître la possibilité d'une science à la fois libre et menée en contexte d'application.

Le paradoxe que nous avons relevé fait donc surgir une difficulté inhérente aux discours de défense de l'autonomie : s'ils abandonnent l'hypothèse (fragile) selon laquelle l'intérêt intellectuel ou épistémique du chercheur est le principal moteur de l'enquête, la question de l'autonomie se pose d'une toute autre manière.

Il est en effet difficile de nier le fait que si le marché exerce de fortes contraintes sur l'enquête, c'est que de larges pans de celle-ci sont, *de facto*, largement finalisables par des objectifs pratiques : nous développerons plus en profondeur cette idée par la suite, mais les faits sont là. Les travaux réalisés dans les laboratoires pharmaceutiques ne font certainement pas que dévoyer la recherche fondamentale, ils profitent également de la structure particulière d'une théorie (notamment, la biologie moléculaire), qui se prête bien à un guidage par l'industrie. Dans ce cadre, il est aisé, pour un chercheur-entrepreneur plus avide d'inventions que de découvertes fondamentales de guider ses recherches pour *agir* sur le monde. Cependant, il est sans doute tout aussi naïf de penser que l'ouverture au marché permette de garantir que ce chercheur œuvrera réellement pour le bien commun⁹⁴, que de nier la nécessité de contrôler les orientations de la science afin d'en tirer le meilleur parti possible. Ainsi, si l'on juge légitime, sur le plan épistémologique et éthique, de s'opposer à la privatisation de la science, son guidage étatique, loin d'être une contrainte, apparaît comme une nécessité : une forme de démocratisation de la recherche ne doit pas alors être vue comme un danger pour le progrès des connaissances, mais comme l'une de ses conditions. Contrairement à ce qu'expriment certains défenseurs de l'autonomie, la tension pertinente ne se situe donc sans doute pas entre le pilotage étatique et la libre enquête, mais entre la démocratie et le marché. Pestre a d'ailleurs fait de cette opposition un des défis majeurs pour la gouvernance des « technosciences » (Pestre, 2008). Pour lui, la première force d'opposition à toute volonté de contrôle politique des orientations de la science n'est pas le désir d'autonomie des scientifiques, mais la réticence du marché à céder ses (lucratives) prérogatives sur le guidage de la recherche.

⁹⁴Sur ce point, Kitcher a développé plusieurs exemples convaincants, notamment celui de la sur-représentation des maladies touchant en priorité les pays riches dans la recherche biomédicale (Kitcher, 2004 ; Kitcher, 2010 [2001]).

Plus généralement, avant toute discussion du principe de libre enquête, il peut être utile de reconnaître les ambiguïtés essentiels qui le sous-tendent. Le cas des discours néo-libéraux sur l'autonomie de la science n'est qu'un exemple particulier de convergence surprenante entre des discours très différents, voire opposés, autour de la défense d'une certaine liberté du chercheur. Ainsi, chez les historiens marxistes des sciences et chez Bernal en particulier, la critique de la notion de science pure, détachée des considérations utilitaires, ne conditionne pas pour autant une dévalorisation de la liberté comme moteur de la créativité. Il s'agit ainsi de justifier le fait que la planification étatique ne lui porte pas atteinte (McGucken, 1978, p. 44). L'argument central utilisé ici consiste à invoquer la puissance émancipatrice du marxisme : c'est librement que le scientifique se soumet aux contraintes de l'utile, qui sont intériorisées. Dans ce cadre, seul mérite un degré d'autonomie dans ses choix celui qui se soumet (librement) à l'ouverture de la science au bien commun. C'est cette même idée que le politicien britannique proche des courants marxistes Crowther exprime lorsqu'il écrit que

la liberté est bénéfique à la science lorsqu'elle offre des opportunités aux classes défavorisées. Le contrôle est bénéfique à la science lorsqu'il contribue les protéger. En revanche, la liberté scientifique n'est pas la bienvenue lorsqu'elle préserve le pouvoir d'une classe dominante (...). *Si les scientifiques souhaitent jouir de la liberté, ils doivent opter pour le progressisme* (Crowther, 1967, p. 247-248, cité par McGucken, 1978, nous soulignons).

Le caractère légitime de l'autonomie scientifique est conditionné par la libre acceptation d'un *contrat* liant la société dans son ensemble à la figure singulière du chercheur, contrat par lequel le premier s'engage à sacrifier sa curiosité individuelle aux besoins immédiats de la première. La science pourra ainsi se libérer des contraintes qui l'oppressent – en premier lieu, la puissance financière du *marché* qui tend à lui dicter son agenda.

À l'opposée de cette approche, on retrouve la science néo-libérale telle que la défend, par exemple, Keyworth. Dans ce cas, comme nous l'avons vu, c'est un principe de libre enquête qui motive l'ouverture de la science à une économie libéralisée. Cela doit permettre d'améliorer sa fécondité épistémique en favorisant la créativité individuelle. Enfin, une troisième voie est celle suivie, notamment, par Polanyi, défendant le droit de mener une recherche fondamentale loin des pressions liées aux besoins politiques, sociaux ou économiques. Ce cas de figure correspond à un argument analysé précédemment, liant l'indépendance de la science, un principe de liberté de recherche et une forme d'attraction naturelle pour la quête du vrai. Comment expliquer qu'un même concept (la liberté de recherche) puisse servir des argumentaires aussi différents ? La piste que nous proposons consiste à revenir sur

les différentes lectures possibles du concept même de liberté – et notamment, la distinction classique entre une sens « positif » et « négatif » de cette notion, telle qu’explicitée par exemple par Berlin (1969)⁹⁵. Dans ce cadre, il est classique de considérer que les théories économiques et politiques du libéralisme, en considérant la liberté politique comme garantissant un espace à l’intérieur duquel un homme peut agir sans que d’autres l’en empêchent, se situent clairement sur le versant négatif de la liberté. À l’inverse, les discours mettant l’accent sur la dynamique d’émancipation amenant chacun à devenir son propre maître (ce qui peut impliquer un idéal de transformation de l’homme, dans le cas des doctrines sociales affiliées au marxisme, par exemple) mettent l’accent sur la dimension positive de la liberté. Comment alors situer les différents types de défense du principe de libre enquête dans cet espace bidimensionnel ? Les discours affiliés au marxisme (Bernal) ou au néo-libéralisme (Keyworth) sont aisés à catégoriser. Le premier conçoit la science comme devant s’*émanciper* des rapports de domination induits par le capitalisme. La liberté individuelle des chercheurs n’est pas l’objectif principal à atteindre : ce qui compte est le rejet d’une source de contrôle non légitime. Cet argument relie donc la liberté sur son mode positif. À l’inverse, le modèle de science néo-libérale met l’accent sur l’importance de ménager un espace de libre choix. Le scientifique doit pouvoir, sans contrainte, suivre les voies qu’il se donne à lui-même – selon, donc, une conception négative de la liberté.

Notre hypothèse ici est que le type de discours pro-autonomie le plus courant, qui est celui porté notamment par Polanyi, opère un mélange complexe entre ces deux dimensions de la liberté. D’une part, il tend à prôner une forme de liberté individuelle comme support de la créativité. Dans ce cadre, le chercheur doit bénéficier d’un espace au sein duquel aucune contrainte ne viendra peser sur son libre choix. C’est à ce prix que la communauté scientifique, conçue comme un ensemble d’individus libres, est capable d’optimiser la fécondité de l’enquête. Le thème de la « logique de la liberté », cher à Polanyi, s’inscrit pleinement dans ce registre : la science doit être pensée sur le modèle d’une « République » accordant aux individus un espace inaliénable de liberté, celle-ci étant

⁹⁵Rappelons ici les grandes lignes de cette opposition, en citant Isaiah Berlin lui-même : « La première des significations politiques de la liberté, que j’appellerais (après bien d’autres), le sens “négatif”, est impliqué dans la réponse à la question suivante : “quel est l’espace au sein duquel le sujet (une personne ou un groupe de personnes) est ou devrait être autorisé à faire ou être ce qu’il est capable de faire ou être, sans interférence avec d’autres personnes” ? La seconde, que j’appellerai “positive”, est impliquée dans la réponse à cette question : “quelle est, ou qui est, la source de contrôle qui peut déterminer quelqu’un à faire, ou être, ceci plutôt que cela” ? » (p. 121-122). En d’autres termes, la dimension *négative* se rapporte à l’absence de contraintes (c’est, comme l’exprime Mirowski, 2004, « la liberté comme action suivant nos désirs ou préférences présents » [p. 319]), tandis que la dimension *positive* est liée à l’idée d’émancipation (« liberté impliquant un développement, qui requiert la participation et l’auto-transformation » [*Id.*]).

alors conçue sur le mode négatif. En parallèle, ce type de discours exprime clairement une volonté d'émancipation vis-à-vis des contraintes pratiques, c'est-à-dire des exigences immédiates de la vie en société. Le désir d'une forme de savoir pur (vis-à-vis des considérations utilitaires) sert alors de moteur à cette dynamique de libération. Le scientifique *libre* est donc celui qui revendique la conquête d'un savoir éloigné des contingences matérielles, afin de faire parler la (supposée) attirance naturelle de l'homme pour la connaissance. L'image du chercheur isolé dans sa tour d'ivoire, l'esprit habité de questions inaccessibles à l'homme du commun, procède ainsi largement de cette conception, positive, de la liberté. La coexistence de ces deux dimensions au sein d'un même type de discours traduit et renforce l'assimilation entre science libre et science pure. Concrètement, l'ambiguïté de la notion de liberté donne corps à l'hypothèse selon laquelle un chercheur libre (négativement) de choisir ses objectifs tendra naturellement à s'éloigner (positivement) des préoccupations de ses contemporains. Hypothèse que ne fait pas, notamment, la conception néo-libérale de la science, centrant ses discours sur une description négative de la liberté. Hypothèse rejetée également par le bernalisme, qui en choisit pour sa part l'acceptation positive.

Cette dualité du concept de liberté entretient donc un amalgame entre ce que nous avons identifié comme les deux principales thèses (I et II) des discours pro-autonomie. Puisque la liberté scientifique est tout aussi bien invoquée comme condition de la créativité que comme le moteur d'un éloignement vis-à-vis des questions pratiques, ces deux dimensions du débat sur l'autonomie tendent à se confondre. Ainsi, les deux thèses se renforcent-elles l'une l'autre artificiellement : la présence d'objectifs pratiques, outre son caractère épistémiquement négatif en soi (thèse II, anti-utilitariste), conduit nécessairement à diminuer la liberté du champ scientifique, donc sa créativité et *in fine*, sa fécondité (thèse I, libérale). Par ce mécanisme, est entretenue une forme de soupçon permanent envers toute recherche ayant des objectifs définis comme non purement *épistémiques*. On peut penser ici, notamment, aux catégories de science inspirée par l'usage ou orientée par l'application. Signalant une carence dans le *détachement*, l'émancipation du scientifique, ces dernières sont pensées comme nécessairement associées à la présence de contraintes, portant elles-mêmes atteinte à la fécondité épistémique de l'enquête.

La formulation des thèses libérales I et anti-utilitariste II, que nous posons comme les deux piliers des discours pro-autonomie, est la première étape clé de la démonstration que nous entendons mener dans ce travail. La reconnaissance de leur indépendance est nécessaire, selon nous, à la clarification du débat. Leur confusion, courante dans les argumentaires, est entretenu par le flou conceptuel

entourant certaines notions – en particulier, celle de liberté de recherche. Notre hypothèse, ici, est que la dualité du concept de liberté joue très certainement un rôle dans cet écueil des discours pro-autonomie que constitue la non différenciation de la question des modalités de la décision (*qui décide*) et de la nature des objectifs fixés (*ce qui est décidé*). Une solution possible pour éviter cet écueil consiste donc, selon nous, à abandonner (au moins dans un but méthodologique) l'idée selon laquelle un scientifique idéalement libre serait nécessairement attiré par le savoir *pour le savoir*. Du moins, s'il peut exister une curiosité réelle, un certain désir de connaissance, faudra-t-il en affiner les contours, en préciser le rôle, sans s'en tenir à l'image idéalisée de la dynamique de la science que peut nous offrir un Polanyi. La reconnaissance de ce fait, aussi évident qu'il puisse paraître, a des conséquences importantes, puisqu'il déplace la question de l'autonomie scientifique. Comme nous l'avons noté plus haut, l'opposition pertinente n'est ainsi peut-être pas celle de la liberté de recherche aux contraintes externes, mais celle de la démocratie au marché. Conclusion qui ramène alors tout naturellement à la problématique qui est la nôtre : quelles conditions doivent être respectées si l'on souhaite penser un pilotage des sciences qui soit favorable à sa productivité épistémique ?

II.4.3 L'opposition entre liberté et objectifs

La thèse I que nous avons proposée à la critique se base sur une opposition entre la liberté et la finalisation, ou la programmation de la recherche, pensées comme des tentatives d'imposer au champ scientifique des objectifs prédéfinis. Ce constat, qui sert usuellement à problématiser la notion d'autonomie scientifique, repose donc sur une notion clé – celle d'*objectif* de la recherche. Or, cette dernière est utilisée de manière remarquablement superficielle dans un grand nombre de discours pro-autonomie, ce qui conduit à caricaturer l'idée d'une recherche sur projets. Dans la plupart des argumentaires, celle-ci est ainsi ramenée à l'idée absurde d'une *prévision de l'imprévisible*. L'utilisation rétrospective d'avancées scientifiques majeures afin de discréditer la possibilité même d'une orientation de l'enquête est symptomatique de cette tendance : puisque personne ne pouvait prévoir à l'avance la découverte de la radioactivité, de l'énergie atomique, ou de la structure de l'ADN, n'est-ce pas une offense à la logique que de programmer quoi que ce soit ? Cet argument est clairement sophistique. Sa forme générale est en effet la suivante : puisqu'une connaissance C ne peut être prévue comme résultat probable d'une recherche R menée en amont, alors il est absurde de fixer C comme objectif de l'enquête. Il serait par exemple insensé de *vouloir* découvrir la gravitation universelle, ou le phénomène des ARN interférents. Comme le dit de manière provocante le rapport publié en 2004 à l'occasion des Assises Nationales de la Recherche, « l'électricité n'a pas été inventée

en cherchant à perfectionner les bougies » (EG, 2004, p. 14). Cet argument revient donc tout simplement à dire que l'on ne peut pas chercher explicitement ce que l'on ne connaît pas déjà – principe de logique permettant de triompher sans peine d'un adversaire imaginaire. Cependant, cette victoire est construite au dépend de la signification même des notions de finalisation ou d'orientation : finaliser, ce n'est certes pas tendre vers un objet inconnu, mais fixer un but envisageable à l'enquête, but qui pourra, éventuellement, être révisé, modifié, ajusté. L'une des sources de la confusion vient, selon nous, d'un manque d'analyse de la notion d'objectif. Cette dernière est, en effet, bien trop souvent opposée à la *liberté* de la recherche pure. Dans ce cadre, seule la technologie ou la science appliquée sont conçues comme ayant des objectifs. La recherche fondamentale, elle, consciente de la dimension d'imprévue consubstantielle à l'enquête, se devrait de fuir la contrainte que représentent cette ancre de certitude abusivement jetée dans l'inconnu. C'est ainsi que Braben (2008) peut plaider pour une science « sans objectifs spécifiques autres que ceux d'explorer et de comprendre » (p. 105). Cela revient à assimiler les objectifs d'une science libre à la seule connaissance générale du monde. Or, la simple reconnaissance immédiate de l'existence de différents niveaux d'objectifs rend l'assertion de Braben extrêmement superficielle, puisqu'elle ne considère que les objectifs de plus haut niveau, sans se pencher sur la pratique réelle de l'enquête. Ce serait en effet bien mal connaître cette pratique que de nier le fait que même une recherche totalement autonome s'assigne des buts, qui guident chacune de ses avancées. Les scientifiques ne progressent pas à tâtons : ils projettent, prévoient, conçoivent. Finalement, quelle différence peut-on faire entre un ingénieur cherchant à améliorer un panneau photovoltaïque et un biologiste mettant au point une lignée cellulaire exprimant une protéine fluorescente ? L'un est-il réellement plus *contraint* que l'autre ? Et y a-t-il un objectif qui soit, à première vue, épistémiquement plus fécond que l'autre ? L'une des clés du débat repose donc non pas sur une opposition entre une science libre et une science ayant des objectifs, mais bien plutôt sur un examen précis de la manière concrète dont ces objectifs sont et doivent être assignés. L'autre point important concerne sans aucun doute la question du temps. Comme nous l'avons vu, l'un des reproches souvent adressés à la volonté de finalisation de la science l'associe à une certaine forme de court-termisme. Or, *finaliser* n'est pas forcément *planifier* : la question de la limitation temporelle de l'enquête peut être dissociée de celle de l'origine des directions qu'elle emprunte. En particulier, il est tout autant abusif de considérer qu'une science orientée de l'extérieur est forcément adepte du court-terme, que de supposer qu'une science autonome voit naturellement à long terme. Ou alors faut-il montrer de manière réellement convaincante que la figure du « non conformiste », sortant des sentiers battus et de l'immédiateté pour proposer des directions de recherche qui porteront leur fruit

dans un futur lointain, serait particulièrement valorisée dans une science parfaitement autonome. Ce qui nous ramène à la nécessité de mener une critique approfondie de la thèse libérale.

Notons que les discours construits contre l'idéal d'autonomie scientifique ne considèrent pas la notion d'objectif de manière beaucoup plus fouillée. Ainsi, la *finalization thesis* a précisément fait l'objet d'une critique quant à sa manière trop simpliste de concevoir « l'établissement des objectifs (*goals*), à la fois au sein de la communauté scientifique et entre elle et ses bailleurs de fond » (Johnston et Jagtenberg, 1978, p. 32). Pour les auteurs, un examen même rapide de la question conduit immédiatement à identifier plusieurs *niveaux* d'objectifs. En premier lieu, chaque tâche exécutée l'est nécessairement en fonction d'objectifs guidant l'action : « tout travail scientifique peut être vu comme dirigé par des objectifs, au moins au sens d'Habermas qui considère que tout travail est une “action rationnelle intentionnelle”, qu'il s'agisse d'une action instrumentale ou d'un choix rationnel » (*Id.*). À ce premier niveau, on peut adjoindre la *fonction* qu'aura le résultat attendu de l'action menée. Cette fonction sert enfin un objectif humain plus général. Ce découpage en trois registres imbriqués est défendu par Ravetz en ces termes :

La tâche elle-même a un objectif (*goal*), qui est conditionné de manière plus ou moins strict par la fonction (*function*) qui sera accomplie par le résultat de cette tâche. Cette fonction est gouvernée par les buts (*purposes*) humains finaux dont on attend qu'ils soient servis par cette fonction (Ravetz, 1971, cité par Johnston et Jagtenberg, 1978, p. 34)

Dans ce cadre, l'objectif est défini comme la solution concrète d'un problème de recherche (typiquement, la réalisation d'une expérimentation délicate) ; celui-ci répond à une fonction donnée (par exemple, mesurer la vitesse de la lumière ou faire produire de l'insuline à des bactéries), elle-même motivée par un but plus large (tester une théorie physique, comprendre les mécanismes de la synthèse protéique, ou fournir de l'insuline à bas coût). Johnston propose d'autres types de catégorisation, permettant notamment d'y inclure toute forme de compétition entre les individus – pour un poste, des financements, ou encore l'emploi de doctorant (*Ibid.*, p. 35). Entre la pratique concrète, quotidienne, de la recherche et les buts les plus larges que l'on peut lui assigner, se déploie un millefeuille d'objectifs au sein desquelles peuvent s'insérer des questions tout aussi bien cognitives qu'utilitaires, ainsi que des problèmes techniques concernant la mise au point d'un système expérimental. Bien évidemment, cette multiplicité des objectifs guidant chaque tâche scientifique est bien reconnue par les argumentaires cherchant à contextualiser la science : les « graphes de

signification » de Kitcher sont un bon exemple de prise en compte de la diversité de nature des objectifs fixés. Cependant, nous rejoignons l'analyse de Johnston et Jagtenberg (1978) en soulignant l'idée d'une *superposition* de ces objectifs. Si l'on veut présenter un schéma complet de la manière dont est et peut être orientée la recherche, il est nécessaire de reconnaître cette tridimensionalité du réseau d'intentions traversant le champ scientifique. En particulier, il nous semble important de reconnaître une certaine indépendance du niveau le plus bas de la pratique scientifique – celui de la mise au point des protocoles, des expériences, des techniques d'observation et de mesure – comme source de problèmes à résoudre guidant la recherche.

Cette complexification de la notion d'objectif est indispensable pour localiser précisément le niveau d'une finalisation possible de la recherche par des questions émergeant à l'extérieur du champ scientifique. Quel aspect exact de la prise de décision peut être soumise à l'ingérence centralisatrice du pilotage ? Comme nous l'avons noté en introduction, on peut en effet, de manière minimale, décider de s'arrêter aux orientations les plus générales de la recherche, en pensant la répartition des fonds entre des domaines d'études. Le problème du choix concerne alors, par exemple, la question de savoir s'il est préférable de chercher de l'eau sur Mars, pister le boson de Higgs, ou percer les secrets des cellules eucaryotes. Ce débat, s'il peut être intéressant d'un point de vue politique, possède selon nous un intérêt philosophique assez faible. En effet, il est évident que de telles décisions sont et ne peuvent pas être autres, que politiques. On pourra se référer, pour s'en convaincre, à l'étude de Wilholt (2006b) sur le cas de la conquête spatiale. Ce genre de grand projet ne peut évidemment pas se passer d'un appui volontariste de la sphère politique : la physique des particules, nécessitant la construction d'accélérateurs de particules monumentaux, est un autre cas d'école. Cet appui peut être attribué de manière démocratique, élitiste, ou selon des considérations économiques, cela ne change rien au fond de l'affaire : il est déraisonnable de situer une quelconque autonomie scientifique à ce niveau de généralité. La manière dont nous avons posé notre problématique nous oblige à considérer de manière plus fine la question du guidage démocratique de la recherche. Pour être philosophiquement intéressante, la thèse I doit faire sienne cette interrogation : à quel niveau *précisément* la liberté de recherche est-elle nécessaire ? Répondre à cette question implique de développer un modèle de la dynamique de la science mettant en avant une conception plus riche de la notion d'objectif que celle qui irrigue bien des discours sur l'autonomie scientifique. La perspective pragmatiste que nous proposons dans la partie 2, ainsi que les acquis contemporains du *practical turn* nous appuieront dans cette démarche.

II.4.4 La notion de diversité épistémique

Les discours pro-autonomie mettent implicitement en valeur la notion de diversité : maximiser la liberté individuelle est bénéfique pour lutter contre le conservatisme et ouvrir de nouvelles directions de recherche aptes à accroître notre connaissance du monde naturel. La formulation de la thèse I en (i) et (ii) permet d'affiner cette idée et d'apercevoir ses limites immédiates.

Considérons tout d'abord le cas de la formulation de nouveaux problèmes à traiter (thèse I(i)), susceptible de définir de nouveaux domaines/objets de recherche. Si l'on suit les discours mobilisant la notion d'exploration de l'inconnu, assistée de l'argument d'imprévisibilité, la diversité des questions poursuivies est en soi positive, car elle permet toute à la fois d'étendre le champ du connu et de ne pas commettre l'erreur d'éliminer des pistes pouvant se révéler fécondes sur le long terme. Ce type de valorisation de la diversité est aisé à critiquer. D'une part, tous les sujets de recherche ne méritent certainement pas, à l'évidence, d'être poursuivis, malgré toute la diversité qu'ils pourraient offrir au champ scientifique. Ainsi, pour reprendre les exemples proposés par Pritchard et Turri (2014), « connaître le nombre exact de grains de sables sur une plage donnée, ou le nom de toutes les personnes présentes dans un annuaire donné » ne peut évidemment pas être considéré comme un objectif rationnel⁹⁶ à poursuivre, quand bien même il augmenterait le stock de connaissances sur le monde. D'autre part, l'argument d'imprévisibilité n'est pas non plus opérant dans ce cas-ci : on peut certes imaginer que le dénombrement des grains de sable sur une plage puisse faire émerger une observation imprévu et pourquoi pas, bouleverser la dynamique de la science ; aucun agent rationnel de justifierait pour autant la légitimité de mener une telle recherche. La quête de la diversité des objets d'étude ne peut donc être *en elle-même* l'unique critère de gouvernance. La pertinence épistémique d'un problème de recherche se mesure bien évidemment dans un certain contexte : la caractérisation de ce contexte d'émergence sera l'un des enjeux de la critique de la thèse I que nous nous proposons de mener : comment sont identifiés, filtrés les problèmes jugés importants à résoudre par une communauté donnée ? Quelles sont les forces inhérentes au champ scientifique, fût-il idéalement libre, contraignent la formulation de nouvelles questions de recherche ? L'enjeu sera ainsi de clarifier cette notion de diversité épistémique et celle, connexe, de *fécondité épistémique*.

⁹⁶Le même type d'argument est présenté par Kitcher (2010) [2001] afin de mettre en lumière sa notion de vérité « significative ».

Penchons-nous maintenant sur la thèse I(ii) : une fois posé un problème, une question de recherche, comment optimiser sa résolution ? Comme nous le verrons dans la seconde partie, cette interrogation forme la toile de fond de la littérature sur la division du travail cognitif, inaugurée par l'article séminal de Kitcher (1990). Sans rentrer pour le moment dans le détail des réponses qu'on peut y apporter, un premier point que nous admettrons est que dans cette perspective, le choix des stratégies de recherche ne peut suivre qu'une démarche *prudentielle*, basée sur un calcul de risque. Si une démarche classique, très bien maîtrisée, permet d'arriver à coup sûr au résultat, il n'y a pas de raisons de diviser les ressources en allouant des moyens à des approches exploratoires. L'hypothèse que nous faisons à ce stade et que nous chercherons à étayer par la suite, est que ce principe guide nécessairement toute recherche, fut-elle totalement libre et fondamentale. Dans ce cadre, la diversité n'a pas de légitimité épistémique en dehors d'une gestion rationnelle du risque que l'on prend en choisissant telle ou telle direction d'investigation. À partir de là, se pose bien évidemment la question (cruciale) de la valeur d'un principe de liberté de recherche pour mener de manière optimale ce calcul de risque. Au sein de l'analyse critique de la thèse I, nous aurons ainsi à concentrer une partie de nos efforts sur cet aspect du débat sur l'autonomie.

II.5 La dimension ontologique de la question de l'autonomie scientifique

La caractéristique commune des thèses I (libérale) et II (anti-utilitaire), ainsi que de bon nombre des arguments élaborés *pro* et *contra*, est le degré de généralité auquel ils aspirent. Dans ce cadre, ni la structure particulière des théories utilisées, ni la nature des objets qu'elles décrivent n'est prise en considération. Ainsi, comme l'a noté Kitcher (2004), l'accumulation de références à des domaines ou à des questions très hétérogènes, cas d'étude souvent superficiellement analysés, est l'un des marqueurs saillant des discours pro-autonomie. Le rapport des Assises Générales de la Recherche notait par exemple en 2004 que « les citoyens attendent de la science la solution à des problèmes sociaux de toute nature : le chômage, l'épuisement du pétrole, la pollution, le cancer, etc. Le chemin qui conduit vers des réponses à ces questions n'est pas aussi direct que veut le laisser croire une vision programmatique de la recherche » (EG, 2004, p. 14). Il existerait donc *une* vision programmatique de la recherche, s'opposant à *une* logique du progrès scientifique. Cette dernière s'appliquerait de la même manière au cancer, aux problèmes de pollution ou d'énergie.

C'est en parfait accord avec cette mécanique que le numéro de printemps 2014 de la revue du MIT (*Spectrum*), dédié à un éloge de la science fondamentale, juxtapose avec un naturel déconcertant des exemples de recherches menées en astronomie, biologie, mathématique et mécanique

quantique (Karagianis, 2014). Alors même que la confrontation de ces différents cas pourrait permettre de nuancer ou de préciser la nature de cette science fondamentale dont on vante les mérites épistémiques, ils participent tous d'un discours général et indifférencié portant sur l'imprévisibilité des résultats de la science et la fécondité épistémique de la science pure.

Or, si l'on peut accepter sans peine que le progrès de la science contienne effectivement une part d'imprévisible (encore faudra-t-il préciser ce qui est, à proprement parlé, imprévisible), rien ne nous permet d'affirmer que la *nature* des phénomènes appréhendés par les scientifiques n'influent en rien sur la manière dont surgit cet imprévisible inhérent à l'enquête. Il y a certainement des objets dont l'étude est plus ou moins susceptible de générer de l'imprévu. D'autre part, la diversité n'a sans doute pas la même valeur épistémique dans tous les domaines : le monolithisme de la cosmologie standard, par exemple, centrée autour du modèle du big-bang, n'est peut-être pas aussi problématique que la dominance du réductionnisme génétique dans la biologie contemporaine. Enfin, le rôle des préoccupations pratiques dans le progrès des connaissances n'est évidemment pas similaire pour toutes les disciplines. Le « quadrant de Pasteur », par exemple, est un concept très général qui nécessiterait d'être affiné en la confrontant à la variété des situations de recherche. La thèse II n'a ainsi pas de sens en dehors d'une interrogation précise sur les caractéristiques, *en fonction des objets d'étude*, d'une science *pure* ou *inspirée par l'usage* et sur les relations que ces deux entités (idéalisées) peuvent entretenir. On peut en effet s'attendre à ce que cette thèse n'ait pas la même force dans tous les cas : si la chasse au boson de Higgs est fort éloigné d'un contexte d'application, la biologie cellulaire gagnerait-elle réellement à maintenir la question du cancer à distance ? Les neurosciences mettent-elles réellement leur fécondité épistémique en péril en choisissant les pathologies mentales comme point d'entrée pour l'étude du comportement ?

Il nous semble que plusieurs types de biais entretiennent cette lecture généraliste de la question de l'autonomie. En premier lieu, on note une sur-représentation des exemples historiques liés à la physique dans les discours pro-autonomie. Cette domination exercée par la physique est rien moins que surprenante. Comme le note, par exemple, Mitchell (2009), la recherche de lois universelles, inspirées de celles de la physique, a longtemps été considérée comme l'objectif premier de la recherche scientifique. Parallèlement, « la philosophie a été principalement focalisée, pendant plusieurs siècles, sur les avancées de la physique » (p. 2). Ce biais disciplinaire a des conséquences importantes. Rappelons ainsi qu'il conduit, par exemple, Raynaud à exclure du champ de la science de vastes

domaines de la biologie contemporaine : qui nierait en effet que face à la rigueur des liens qui peuvent unir la connaissance des lois de la physique (la relativité, la mécanique quantique) et leur traduction technologique (le GPS, le laser), la biologie, les biotechnologie, la médecine peuvent apparaître comme les avancées maladroites d'une science encore immature ? Cependant, s'en tenir à ce constat interdit de se pencher sur la question pourtant cruciale des liens qu'entretiennent les préoccupations cognitives et pratiques dans la construction des connaissances : la pression de l'utile n'a sans aucun doute pas le même rôle épistémique en physique des particules, en astrophysique, en mathématique et en biologie cellulaire.

Inversement, cette obsession du général a des conséquences toutes aussi nocives dans les discours les plus farouchement opposés à l'autonomie scientifique. Ainsi, les théoriciens du Mode 2 considèrent-ils que *tous* les objets sont voués à devenir, petit à petit, des objets de Mode 2. Ils jugent par exemple que les accélérateurs de particules n'ont pas encore « réussi » à devenir des objets de Mode 2 (Nowotny, 2003 [2001], p. 180) ! Ce raisonnement ici est conforté par la faiblesse des données empiriques mobilisées dans les argumentaires développés par Gibbons et Nowotny (Shinn et Ragouet, 2005, p. 172). Les exemples choisis le sont pour leur adéquation avec leur théorie. Ainsi font-ils grands cas de la recherche sur les myopathies, qu'ils empruntent à Latour (1997), au sein de laquelle « la frontière entre le science et la société a presque disparu (...) en raison de l'intensité des échanges entre le contexte et la science » (Nowotny, 2003 [2001], p. 180). Outre le caractère très local de l'exemple, l'utilisation de la métaphore de la frontière mise à bas est très imprécise : que la biologie et la médecine soient influencées par l'existence de pathologies à soigner et que des groupes de pression orientent la recherche dans une certaine voie, cela n'empêche en rien la science de se différencier du reste de la société. Par exemple, l'autonomie des chercheurs au sein du vaste cadre délimité par l'étude des myopathies peut être plus ou moins importante, quand bien même l'orientation générale soit fixée par des contraintes externes. La spécificité du champ de la biomédecine, sur lequel nous nous attarderons dans la suite de ce travail, doit ici être prise en compte. Surtout, elle ne doit pas être généralisée à tous les objets étudiés par les sciences.

Au-delà de ces discours radicaux, les critiques plus modérées des argumentaires pro-autonomie ne traitent pas non plus avec grand soin la diversité des théories et des objets étudiés. Ainsi, comme nous l'avons noté dans le chapitre précédent, la *finalization thesis*, si elle introduit de manière pertinente un critère épistémique dans le débat sur l'autonomie (la « maturité » des théories), tend elle aussi à plaquer un modèle unique de développement (qui semble en réalité taillé sur mesure pour

rendre compte des progrès de la physique), sur tous les champs disciplinaires. Les modalités d'entrée des considérations pratiques dans l'enquête sont donc pensées de manière globale. Carrier, en cherchant à mettre en valeur la fécondité épistémique d'une science inspirée par l'usage, a l'honnêteté d'admettre les difficultés auxquelles se heurte une telle démarche, en notant qu'il est tout au plus possible, en accumulant les exemples singuliers, de montrer ce qu'a de problématique cette ambition :

La « guerre au cancer » du Président Nixon (...) fournit un exemple de la manière dont une recherche orientée par des missions peut échouer. Le programme de recherche dédié à la lutte contre le cancer dans les années 1970 avait été conçu d'après le modèle du programme Apollo et avait pour but de défaire le cancer en poursuivant une recherche ciblée, dirigée par les applications (...). Malgré un financement généreux, cet effort n'a donné que peu de succès palpables (...). Cet échec est attribué, avec le recul, à une connaissance fondamentale insuffisante quant à la maladie. Or, un savoir incomplet n'empêche pas toujours une stratégie coordonnée de recherche (...). Quand le *Projet Génome Humain* a débuté, la structure du génome n'était pas connue en profondeur et les technologies de séquençage étaient peu développées (...). Le résultat surprenant qui émerge de ces observations est que, parfois, la science peut être poussée dans une direction par une recherche étroitement ciblée et que parfois, une telle tentative échoue totalement (Carrier, 2011a, p. 15).

Nous voilà donc confrontés à une situation déconcertante : l'histoire des sciences, pour qui se donne la peine de la fouiller suffisamment, nous fournit tout à la fois des exemples et leurs contre-exemples. Nous pouvons même rajouter un autre niveau de confusion : que signifie *échouer totalement* ? Peut-on mesurer l'échec de la « guerre au cancer » comme celui d'une mission Apollo ? Dans le second cas, la finalisation se résume à la mise au point d'une technologie sur la base de connaissances théoriques solides. L'obstacle était donc avant tout celui de la *réalisation*. À l'inverse, l'incomplétude théorique caractérisant la cancérologie a certes conditionné l'échec du projet de guérir le cancer, mais il est difficile d'affirmer, à première vue, qu'il n'ait apporté aucun résultat épistémologiquement pertinent.

Ne peut-on donc tirer aucune règle permettant d'y voir un peu plus clair ? Une première réponse possible est celle proposée par les pères de la *finalization thesis* : les disciplines non matures ne peuvent être finalisées. Cependant, comme le remarque Carrier, même cette « loi » ne semble pas si nécessaire que cela : le Projet Génome Humain en témoigne. Il y a donc, sans doute, d'autres critères à prendre en compte.

Ce travail n'a évidemment pas pour objectif de fournir un panorama exhaustif de ces critères d'ordre *ontologique* susceptibles d'avoir une influence sur la question de l'autonomie scientifique.

Dans ce cadre, notre traitement de la thèse II aura pour objectif principal de montrer en quoi celle-ci n'est pas, *en fait*, universellement vraie et de justifier *en droit* cette donnée communément admise par l'histoire et la sociologie des sciences. Notre parti-pris sera ainsi de construire notre argumentaire en nous fondant surtout sur des exemples tirés des sciences biologiques. Les progrès de notre connaissance du phénomène vivant, depuis la fin du XIX^e siècle jusqu'à aujourd'hui, nous semblent être un terrain particulièrement riche pour mener une analyse des thèses I et II. En cohérence avec notre hypothèse d'une dépendance de la question de l'autonomie à la nature des objets étudiés, nous explorerons plus spécifiquement le cas des objets dits complexes, dont le comportement est déterminé par un grand nombre de mécanismes causaux en interaction et éventuellement ancrés dans des niveaux d'organisation distincts. Dans ce sens minimal, le cancer, les pathologies mentales, mais également le climat peuvent être et sont généralement qualifiés d'objets complexes. Les difficultés que présentent leur saisie, leur maîtrise théorique, est souvent en tension avec la nécessité d'*agir* sur ces phénomènes : le lien entre la connaissance fondamentale et la pression de l'utile y est dès lors particulièrement intéressant. Dans ce cadre, la question de la gestion politique de leur étude scientifique a déjà vu s'élaborer plusieurs types de réponses. Citons notamment la notion de science « post-normale », défendue par Ravetz et Funtowicz depuis la fin des années 1990. Dans une logique historicisante proche de celle mise en œuvre par les théoriciens du Mode 2, les auteurs décrivent l'avènement d'un « âge de l'incertitude », au sein duquel la science traditionnelle, dédiée à la recherche du vrai, voit les connaissances qu'elle met à disposition de la société dépassées par la complexité des questions qui lui sont adressées. Les auteurs, comme l'indiquent les titres choisis pour leurs différentes contributions (Funtowicz et Ravetz, 1994, 2001a), fondent leur réflexion sur les notions d'« incertitude » et de « complexité » : la nature des phénomènes auxquels la société (et donc la science), est confrontée, rend toute prédiction et donc tout choix politique, foncièrement incertain. Deux registres argumentatifs sont alors mobilisés. Le premier se rattache directement à la question des valeurs et suit un raisonnement classique (basé sur une variante de l'argument du risque inductif) : face à cette incertitude, les valeurs sociales et politiques rentrent inévitablement en jeu dans la prise de décision. L'exigence de vérité, objective et factuelle, cède donc sa place à une exigence de « robustesse sociale »⁹⁷ : on retrouve ici les arguments des avocats du Mode 2 et

⁹⁷ « Quand l'espoir de la simplicité et de la certitude devient inapproprié, l'exigence d'un savoir factuel doit être sensiblement modifiée. Dans les conditions post-normales, la recherche de faits solides et objectifs peut ne pas être pertinente. Ici, le principe directeur, plus robuste, doit être celui de la qualité » (Funtowicz et Ravetz, 2001a, p. 20).

leur idée de « savoir socialement robuste » produit dans l'agora. Une deuxième ligne argumentative, touchant au lien entre l'élaboration de théories et leurs applications, nous intéresse plus directement. Les auteurs y opposent leur concept de science « post-normale » à l'attraction traditionnelle pour les théories générales et abstraites, solidement fondées. Cette dernière tendrait à entraver la compréhension de certaines classes de phénomènes :

Utiliser une image de la réalité adaptée à des expérimentations contrôlées et à l'élaboration de théories abstraites peut être très utile pour traiter des phénomènes réduits à leurs éléments les plus simples. Mais cela n'est plus la meilleure stratégie pour permettre à la science de remplir ses objectifs. Les scientifiques attendent habituellement une forme de simplicité, de régularité et de certitude dans les phénomènes et dans nos interventions. Mais cette attitude peut inhiber la compréhension des problèmes et la mise au point de méthodes pour les résoudre (Funtowicz et Ravetz, 2001b, p. 15).

En d'autres termes, la recherche de théories fondamentales, si elle est taillée pour l'étude de systèmes décomposables en éléments simples, n'est pas une démarche adaptée à la résolution de tous les types de problèmes auxquels la société et la science sont confrontées. Bien évidemment, cette remarque, très générale, demanderait des précisions que l'on peine à trouver dans ces travaux : quels types de phénomènes sont concernés ? Comment la complexité entre-t-elle concrètement en jeu ? D'autre part, comme le note Carrier, « seule une petite fraction de la science est concernée par ces arguments » (Carrier, 2001, p. 26) – à savoir, une science fortement liée à la prise de décision politique. Cependant, les arguments de Ravetz et Funtowicz sont représentatifs d'un type d'argumentaire soulignant l'inadaptation de l'idéal de science fondamentale autonome pour appréhender (de manière théorique et pratique) certaines classes de phénomènes. Si cette science fondamentale a pour but de générer des théories abstraites et générales, sa démarche achoppe nécessairement sur les objets pour lesquelles une telle élaboration est délicate.

Dans un ouvrage consacré aux liens entre science, complexité et politique, la philosophe nord-américaine S. Mitchell se penche, elle-aussi, sur les relations entre complexité et gouvernance de la recherche. Son observation de départ est proche de celle de Ravetz et Funtowicz : la science contemporaine est confrontée à des objets complexes dont l'étude a de fortes implications sociales, tels que « le changement climatique » et le « développement biologique » (Mitchell, 2009, p. 2). Or, note-t-elle, les approches couramment utilisées actuellement sont relativement peu efficaces dans ce contexte : centrées sur une démarche réductionniste, elles peinent à prendre en compte les « approches multi-échelles et dépendantes au contexte de l'explication et de la prédiction »

(*Id.*). Selon elle, face à des objets (et notamment, à des pathologies) complexes, il est nécessaire de maintenir, dans la dynamique de recherche, une forme de pluralité des niveaux d'explication. L'objectif de toute politique scientifique serait justement de garantir cette pluralité. L'intuition de Mitchell est que l'omniprésence des démarches réductionnistes ne garantit en rien qu'une science autonome soit à même d'éviter l'écueil moniste qu'elle dénonce. Contre la thèse I, elle suppose donc qu'une coordination centralisée allant contre la liberté individuelle des chercheurs peut donc avoir des effets bénéfiques sur la pluralité, dans le cas des objets complexes. Bien entendu, ce parti pris pose bien évidemment un grand nombre de questions – et sans doute plus qu'il n'en résout véritablement. Il utilise notamment une certaine conception du pluralisme scientifique, qu'il faudra discuter en le mettant en balance, notamment, avec celui proposé par Longino qui a travaillé, elle aussi, sur la gestion de la complexité dans le cas de l'étude du comportement (Longino, 2013). Nous suggérerons ainsi (chapitre IX) que les prescriptions politiques de Mitchell ou de Longino sont symptomatiques de ce que nous nommerons un *anti-réductionnisme spéculatif* déconnecté des pratiques scientifiques existantes et dont la prise au sérieux serait nuisible à la productivité épistémique du champ scientifique.

II.6 Conclusion

Après avoir formulé de manière synthétique les deux thèses fondamentales des positions pro-autonomie, nous avons poursuivi notre travail de clarification du débat en identifiant spécifiquement certains arguments courants qui nous semblent inadaptés au traitement de notre problématique. Le premier bâtit un épouvantail argumentatif à partir de la notion de science pure et infère du fait (consensuel) d'une certaine perméabilité du champ scientifique au contexte le caractère illégitime de toute revendication d'autonomie. Le second point que nous avons soulevé concerne la notion de liberté de recherche et cible certaines dérives associées à son usage cavalier. Enfin, le troisième point souligne la nécessité de prendre en compte la nature des objets ciblés par la recherche scientifique, contre une forme de monisme méthodologique centrant ses analyses sur le cas de la physique, où le modèle linéaire de l'innovation, formalisant le lien entre l'élaboration de théories générales et leur application pratique est peut-être plus net que dans d'autres domaines – en biologie, par exemple. Ici, la notion de complexité aura sans aucun doute un rôle particulier à jouer dans nos analyses. Nous montrerons ainsi, dans la partie 3, que la complexité comprise comme multi-causalité rend particulièrement positive sur le plan épistémique la prise en compte de problèmes exogènes, identifiés hors du champ scientifique.

Cette première partie avait pour objectif de présenter et de (re)structurer les débats entourant les rapports entre l'autonomie scientifique, la liberté de recherche et la production des savoirs. Cela nous a conduit à reconstruire deux thèses (la thèse libérale et la thèse anti-utilitariste), dont nous avons montré qu'elles n'ont pas reçu de réponses entièrement satisfaisantes dans la littérature. Or, il nous semble que toute prise de position épistémologique concernant les formes que peut et doit prendre l'autonomie scientifique doit interroger sérieusement la portée et les limites de ces deux thèses. Nous nous proposons donc, dans la suite de cette thèse, d'en renouveler l'analyse critique. Dans la partie suivante (partie 2), nous nous attachons tout d'abord à dégager la conception de la dynamique de la recherche sous-tendant la thèse libérale et à en formuler une alternative possible. Nous montrons ainsi que cette thèse, en mettant l'accent sur la science comme exploration de l'inconnu, sous-estime les forces internes au processus de recherche qui viennent contraindre la formulation de problèmes ou de questions de recherche nouvelles. Nous mobilisons et renouvelons alors une perspective pragmatiste sur l'enquête, qui nous conduit à définir et à illustrer l'existence d'un conservatisme que nous qualifions de *pratique*, et donc nous montrons qu'il est inhérent au processus même de recherche. Ce conservatisme entre en contradiction avec le pré-supposé de la thèse libérale selon lequel la liberté individuelle favorise la diversité épistémique. Dans un second temps (partie 3), nous associons à notre réflexion sur la logique propre de la recherche la question des interactions entre ce processus de recherche et les problèmes identifiés et formulés à l'extérieur du champ scientifique.

PARTIE 2

« EXPLORER L'INCONNU » ? UNE PERSPECTIVE PRAGMATISTE SUR LE
CONSERVATISME EN SCIENCE

INTRODUCTION

Qu'est-ce qui détermine, au sein même du champ scientifique, qu'un problème soit jugé intéressant, important à résoudre, ou qu'il soit, au contraire, exclu comme non pertinent ? Comment un champ scientifique idéalement libre détermine(raït) les directions qu'il emprunte, les questions qu'il formule ? Fondamentalement, c'est à cette question, ayant un fort intérêt épistémique et politique (c'est-à-dire quant à l'organisation collective de l'effort de recherche), que l'on doit répondre si l'on veut déterminer la portée et les limites de la thèse libérale défendant les principes d'autonomie du champ scientifique et de liberté de recherche. Celle-ci valorise en effet la diversité comme produit naturel d'un principe de liberté de recherche : si ce dernier permet de maximiser la fécondité épistémique de la recherche (sa capacité à poser et à résoudre des problèmes nouveaux), c'est qu'il favorise l'*exploration* de nouvelles questions, de nouveaux problèmes, de nouveaux objets. Cette thèse propose donc un certain modèle de la dynamique de la science, attribuant à celle-ci d'un moteur la poussant naturellement à sortir du *déjà connu*. Dans sa lecture la plus radicale, cette conception se heurte à des limites évidentes : le champ scientifique, fût-il totalement libre, sélectionne les problèmes considérés comme pertinents. Toute acquisition de connaissance n'est pas en elle-même jugée digne d'être poursuivie : si un projet visant à dénombrer les grains de sable sur une plage constitue certes un saut dans l'inconnu, il ne trouvera pas, pour autant, beaucoup d'adeptes. Une fois admise cette remarque triviale, se pose donc la question suivante : comment ce processus de sélection opère(raït)-t-il *naturellement* au sein d'un champ scientifique supposément libre de toute contrainte externe ? C'est sur la confiance en ce processus comme optimisant naturellement la fécondité de la recherche que la thèse I fait fond. Cette question, qui porte finalement sur la logique interne de l'enquête scientifique, se pose donc comme centrale à ce stade de notre réflexion. Cette deuxième partie a pour but d'y proposer une réponse, de manière à mener une analyse critique de la thèse I. Afin de cerner plus précisément les enjeux de notre argumentaire, identifions immédiatement les limites que nous fixons à notre analyse.

Tout d'abord, il ne s'agit pas ici de discuter l'opposition entre un principe de libre enquête et

les *restrictions* qu'on peut lui apporter sur la base d'injonctions éthiques. Ce type de problématique pose une limite évidente à apporter à un principe de liberté scientifique, qui ne peut être compris comme un principe de *licence* scientifique (Putnam, 1987). La question des bornes éthiques à poser à la recherche (autant au niveau des méthodes employées que des objectifs visés) est un débat en lui-même, qui sort du champ de réflexion que nous avons tracé ici. S'il y entre, c'est comme un cas particulier d'une question plus générale – celle de la place que doit occuper la figure singulière du chercheur dans la gestion des ressources allouées à la recherche.

Il ne s'agit pas non plus, deuxièmement, de faire porter le débat sur le rôle de la liberté de recherche comme condition d'une vie démocratique saine et informée. Comme nous l'avons noté dans le chapitre I, il est bien évidemment nécessaire de reconnaître, dans l'espace politique, une forme de liberté de recherche à l'échelle individuelle, afin que chacun puisse obtenir les informations qu'il juge utile à l'élaboration de ses jugements. Cependant, la légitimité du mouvement visant à déduire de cette idée la nécessité d'une auto-gouvernance du champ scientifique est, précisément, ce qui pose problème : elle affirme en effet que l'autonomie scientifique est le meilleur moyen d'accroître nos connaissances sur le monde naturel. Notre interrogation sur les vertus épistémiques de la libre enquête comme principe d'optimisation de la fécondité du champ scientifique devrait justement contribuer à critiquer la légitimité de ce glissement conceptuel.

Le problème que nous formulons est donc plus directement épistémologique, puisqu'il s'intéresse à la dynamique même de la recherche scientifique. Peut-on identifier des mécanismes généraux dirigeant la manière dont les problèmes sont posés et sélectionnés collectivement au sein du champ scientifique ? Les réponses que l'on propose ici nous aiderons à revenir de manière critique sur la thèse I. Présentée de manière sommaire, notre anti-thèse sera la suivante : la tendance au conservatisme⁹⁸ que les discours pro-autonomie attribuent à la présence de contraintes centralisatrices

⁹⁸Nous avons choisi, dans cette partie, de mobiliser la notion de *conservatisme* pour décrire une tendance qui serait peut être plus exactement décrite par l'idée d'*inertie* du processus de recherche. Le premier terme véhicule en effet une connotation négative, alors qu'il s'agit simplement pour nous de décrire une dynamique inhérente à ce processus et non pas d'en bâtir une critique. Ce terme de conservatisme nous semble néanmoins judicieux et ce pour deux raisons. Tout d'abord, il fait écho à des discussions classiques en philosophie des sciences, qui portent sur la balance entre la tendance à la conservation des théories et des pratiques existantes par opposition à l'émergence de la nouveauté. Une contribution classique sur ce thème est, par exemple, la *Tension essentielle : Tradition et changement dans les sciences* de Kuhn (1977a). La dynamique des programmes de recherche décrite par Lakatos (1970) se fonde également sur une opposition similaire entre la tradition et le changement. Ensuite et surtout, ce concept se comprend en référence aux discussions les plus récentes sur la liberté de recherche et les modes de pilotage de la science. La notion de conservatisme revient en effet souvent sous la plume des philosophes et scientifiques s'exprimant sur la question. L'évaluation par les pairs est ainsi fréquemment accusée d'être « conservatrice ». D'autre part, comme nous le verrons, ce

(ordres « monocentriques » de Polanyi) limitant la liberté individuelle est en fait *inhérente* à tout processus collectif de recherche. Mettre en avant la curiosité pour l'« exploration de l'inconnu » n'est pas une bonne manière de décrire le moteur déterminant les orientations prises par les chercheurs. L'objectif de cette partie est principalement de caractériser une source endogène de conservatisme en science, que nous qualifions de *conservatisme pratique* par contraste avec le *conservatisme représentationnel* ou *théorique* présent dans les modèles classiques du développement scientifique comme ceux de Kuhn ou Lakatos. La mise en évidence de ce conservatisme pratique s'ancre tout à la fois dans les travaux d'auteurs se revendiquant du *practical turn* (Hacking, Waters, Woody, Chang et Rouse) et dans une lecture renouvelée de la logique pragmatiste de l'enquête (Dewey et Peirce). Outre leur intérêt épistémologique, ces analyses pourront être mobilisées pour penser les dimensions proprement politiques (c'est-à-dire, ayant trait aux modalités de distribution des ressources) de notre travail.

Nous débutons cette partie par une présentation des travaux en épistémologie sociale s'intéressant à la division du travail cognitif. Ces derniers cherchent en effet, précisément, à renouveler l'analyse des déterminants internes et externes au champ scientifiques contraignant les choix des scientifiques à s'engager dans une voie donnée. Nous éclairons la portée et les limites de ces travaux et nous montrons comment ils peuvent être enrichis en approfondissant les hypothèses sur lesquels ils se basent pour décrire la dynamique de la recherche (chapitre III). Nous proposons alors d'adopter d'une perspective pragmatiste sur la logique de l'enquête, perspective que nous renouvelons notamment à la lumière des acquis sur *practical turn* et qui nous permet d'élaborer notre notion de conservatisme pratique (chapitre IV). Nous mobilisons enfin ces analyses pour bâtir une critique d'un argument central souvent mobilisé à l'appui de la thèse libérale, faisant fond sur l'imprévisibilité du processus de recherche pour mettre à mal toute tentative de contrôle et de sélection des directions de recherche poursuivies (chapitre V).

concept est également mobilisé dans la littérature portant sur la division du travail cognitif (Kummerfeld et Zollman, 2016). Son usage dans la présente thèse nous permet donc de nous situer dans ces débats et d'y apporter une contribution explicite – quitte à renouveler la signification qu'on lui attribue.

CHAPITRE III

DE LA QUESTION DE LA DIVISION DU TRAVAIL COGNITIF À LA CONCEPTION PRAGMATISTE DE LA RECHERCHE⁹⁹

III.1 La division du travail cognitif et « l'état de nature scientifique »

La question de la division du travail cognitif (DTC) a été originellement posée comme telle par Kitcher, dans son article fondateur de 1990, « The Division of Cognitive Labor ». Le problème général qu'il cherche à résoudre est le suivant : « quelle est la division optimale du travail dans un champ scientifique donné et de quelle manière les intérêts épistémiques et non épistémiques des chercheurs nous en rapprochent ou nous en éloignent ? » (Kitcher, 1990, p. 22). Plus récemment, cette formulation a été reprise et précisée par Viola (2015), qui identifie deux dimensions distinctes à la question de Kitcher : « (1) Quelle est la distribution optimale entre des méthodes rivales au sein d'une communauté scientifique ? et (2) Comment une communauté peut-elle atteindre cette distribution ? » (*Ibid.*, p. 1). Ainsi explicité, le problème révèle toute sa richesse et sa complexité.

D'une part, il pose un défi d'ordre épistémologique : peut-on penser une division des tâches cognitives qui optimise la poursuite des objectifs fixés à la science ? Comme nous allons le voir, dans le cadre de la DTC, ces « tâches cognitives » dont on pense la division peuvent être de nature diverse : selon les cas et les auteurs, elles désignent les méthodes disponibles, les approches expérimentales, les théories en compétition, voire les cadres conceptuels envisageables pour mener à la résolution d'un problème donné. Ce problème, constituant l'objectif à atteindre, peut être lui-même de nature variée : trancher entre deux explications pour un phénomène, trouver le remède le plus efficace pour

⁹⁹Cette section reprend certains des éléments développés dans « The Division of Cognitive Labor : Two Missing Dimensions of the Debate », à paraître dans *European Journal for Philosophy of Science* (Bedessem, 2018a, voir Annexe A)

une pathologie donnée, déterminer la structure d'une molécule...

D'autre part, la formulation que propose Viola met également au jour la dimension politique du débat. Il est en effet nécessaire, si l'on se penche sur les mécanismes concrets présidant à la division du travail cognitif (sur un plan descriptif et normatif), de considérer les conditions institutionnelles organisant l'enquête. En particulier, il est crucial de prendre en compte le rôle des « facteurs externes, régulés par les politiques de recherche, [qui] peuvent affecter et affectent effectivement, la division du travail cognitif » (*Ibid.*, p. 2). Viola pense notamment aux « agences de financement », dont il juge la contribution sur la division du travail cognitif délicate à évaluer (*Ibid.*, p. 9). Réciproquement, il apparaît que toute réflexion portant sur les modalités de gouvernance de la science (réflexion pouvant s'intéresser, par exemple, aux conséquences épistémiques d'un financement centralisé par des agences pilotant la recherche) doit se pencher sur la double question initialement soulevée par Kitcher.

Les travaux les plus récents s'inscrivant dans la filiation des études sur la DTC fournissent des pistes de réponse à la thèse I. Avant d'en discuter la pertinence pour la problématique qui est la nôtre, nous nous proposons de dresser un rapide état de l'art des résultats obtenus au sein de cette littérature.

III.1.1 La division du travail cognitif : état de l'art

Les principales contributions à cette question de la division du travail cognitif peuvent être, selon nous, classées en deux grands types d'approches structurant le débat. Une première ligne de réflexion, dans laquelle s'inscrit Kitcher lui-même, adopte une lecture du problème directement inspirée de la notion de « main invisible », telle qu'elle a été développée dans les théories économiques libérales : la communauté scientifique est décrite comme composée d'individus parfaitement autonomes, choisissant librement les projets auxquels ils contribuent sur la base de leurs *intérêts* personnels. Ces intérêts peuvent être de nature épistémique ou non épistémique (quête de reconnaissance) et l'optimisation de la division du travail cognitif dépend alors de la balance entre ces différentes inclinations guidant les choix individuels des chercheurs. Face à ce traitement idéalisé du problème, reposant sur l'hypothèse d'une liberté individuelle sans limite des scientifiques, une autre vague de travaux choisit de penser la division du travail cognitif comme produit institutionnel. Il s'agit alors de prendre en compte l'ensemble des structures régulant la production des connais-

sances, depuis le processus de publication soumis à l'évaluation par les pairs jusqu'à la sélection des projets poursuivis par des agences de financement assurant un pilotage centralisé de la recherche. Cette notion de centralisation s'oppose à un système qui multiplierait les instances de décision en maximisant la liberté individuelle des scientifiques. On retrouve donc ici le contraste, identifié par Polanyi, que nous avons évoqué dans le chapitre I (p. 38) et que nous allons retravailler en profondeur, entre les ordres *polycentriques* et *monocentriques*.

III.1.1.1 La notion de « main invisible » comme cadre d'analyse

Comme nous l'avons noté dans le premier chapitre, la conceptualisation de la notion de main invisible comme principe régulateur des systèmes de coopération est généralement associée à Adam Smith, qui, dans la *Richesse des nations* (1776), en fait un concept clé pour saisir la dynamique économique des sociétés dans un cadre de libre-échange. L'idée générale portée par ce concept est que les acteurs économiques (producteurs, consommateurs), guidés par leurs intérêts particuliers, conduisent le système vers « une fin qui ne faisait pas partie de leurs intentions » (Smith, 1970, p. 400, cité par Wray (2000), p. 164). Cette fin (la prospérité générale) est « la plus avantageuse pour la société » (Smith, 1970, p. 397, cité par Wray (2000), p. 164). De manière plus générale, comme le note Wray (2000), « dans une explication faisant appel à la main invisible, un phénomène particulier est décrit comme la conséquence inattendue du comportement intentionnel d'un certain nombre d'individus. Ces individus ont une fin en tête et agissent en fonction de celle-ci; mais leurs efforts concertés ont une conséquence qui ne faisait pas partie de leurs intentions » (p. 164). Appliqué à la science, ce concept conduit à penser la communauté scientifique comme constituée d'un ensemble d'individus autonomes, fixant les directions de leur recherche en suivant leurs intérêts propres. Cette dynamique est dès lors censée optimiser la division du travail cognitif : moyennant une analyse appropriée de la notion d'*intérêt*, elle peut ainsi être utilisée comme cadre de réflexion pour répondre à la question (2) posée par Viola (2015) (*Comment la communauté scientifique peut-elle atteindre une division optimale du travail cognitif?*). Rappelons ici que, bien que ne se plaçant pas dans le cadre de la division du travail cognitif, Polanyi a fourni une description très classique de la dynamique optimale de l'enquête utilisant explicitement la notion de main invisible. Dans son article « The Republic of Science » notamment, il offre ainsi une description de la manière dont les chercheurs coopèrent en tant qu'agents autonomes et contribuent ensemble à « la découverte collective des secrets de la nature » (Polanyi, 1962, p. 55, voir chapitre I, p. 36).

Cette notion de main invisible comme principe ordonnateur de l'enquête sous-tend, implicitement, la contribution séminale de Kitcher (1990). Suivant la logique fixée dans sa double question (« quelle est la division optimale du travail dans un champ scientifique donné et de quelle manière les intérêts épistémiques et non épistémiques des chercheurs nous en rapprochent ou nous en éloignent ? »), Kitcher développe un raisonnement en deux étapes. Dans un premier temps, il s'interroge sur la possibilité de penser la répartition optimale des ressources entre plusieurs programmes de recherche pour atteindre un objectif fixé. En posant, en tant que fiction utile, l'existence d'un « philosophe monarque » chargé de distribuer les tâches cognitives, il définit (mathématiquement) un équilibre à atteindre, dépendant de la probabilité de succès des différentes approches envisageables. Il s'interroge ensuite sur les conditions permettant à une communauté scientifique constituée d'individus choisissant librement, sur la base de leurs intérêts particuliers, le programme qu'ils souhaitent poursuivre, à se rapprocher de cette division optimale du travail cognitif. Kitcher montre alors que la recherche de la « reconnaissance professionnelle » (prix, récompense...) est un facteur de diversification : alors que la seule considération du mérite épistémique (estimé) des différentes approches en compétition conduirait les individus à se concentrer dans les directions les plus prometteuses, la présence d'intérêts non-épistémiques servirait d'aiguillon pour explorer des approches à première vue plus risquées.

Cette idée a été approfondie et précisée par Strevens (2003), qui se propose d'étudier l'influence sur la division du travail cognitif de différentes stratégies de récompenses (« rewards schemes ») possibles. L'originalité de son apport, par rapport au modèle de Kitcher, vient de ce qu'il considère le caractère « *winner-confers-all* » de la dynamique de l'enquête : le premier programme de recherche atteignant l'objectif fixé rend inutile la poursuite des autres approches. Dans ce cadre, il montre que la « règle de priorité », offrant tout le crédit d'une découverte au premier qui la revendique, est le meilleur schéma de récompense – c'est-à-dire, celui qui conditionne une distribution du travail cognitif qui soit la plus proche de celle que mettrait en œuvre un « philosophe-monarque ». Plus récemment, Strevens (2013) a complété et affiné ses conclusions en soulignant l'existence d'un certain nombre d'obstacles remettant en cause l'efficacité de la règle de priorité pour assurer une division optimale du travail cognitif. En particulier, il s'intéresse au phénomène de *concentration* (« herding »), où « un seul programme de recherche rassemble un nombre de scientifiques beaucoup plus important que ne le voudrait une distribution optimale » (p. 19). Il retient deux mécanismes possibles pouvant y contribuer : (1) l'existence de pressions externes (incitations politiques ou économiques) à suivre tel ou tel programme ; et (2) la mauvaise appréciation, par les scientifiques eux-mêmes, de

l'intérêt qu'ils auraient à participer à un programme donné. En toute cohérence avec son cadre de réflexion inspiré par la notion de main invisible, Strevens écarte sans la traiter la première piste et se concentre sur la seconde. Il évoque ainsi le rôle des effets de mode, qui tendent à augmenter l'attractivité d'un programme de recherche déjà abondamment exploré. Ce phénomène éloigne alors la communauté scientifique d'une division optimale du travail cognitif, en privilégiant outre mesure les programmes paraissant les plus prometteurs. Notons que, chez Strevens, le processus de concentration est pensé dans le cadre d'une science parfaitement autonome sur le plan institutionnel et constituée d'individus entièrement libres de choisir les directions de leurs recherches. Il n'est donc pas le fruit d'un pilotage mal avisé de la science mais d'une dynamique qui lui est résolument *interne*.

Alors que plusieurs auteurs restent, eux-aussi, dans un cadre proche de celui de Kitcher pour penser l'optimisation de la division du travail cognitif (Hegselmann et Krause, 2006 ; Zollman, 2010 ; Zhang *et al.*, 2014), d'autres s'en écartent un peu plus et mettent en cause explicitement les conceptions de base qui le sous-tendent. Muldoon et Weisberg (2011) proposent ainsi un recensement critique des hypothèses mobilisées dans les travaux de Kitcher et Strevens. Ils en retiennent quatre :

La première suppose que les scientifiques sont des maximiseurs d'utilité (*utility-maximizers*), répondant rationnellement à un système incitatif établi *a priori*. La deuxième fait l'hypothèse que la division du travail cognitif peut être représentée comme un choix fait parmi un certain nombre de projets prédéfinis. Troisièmement, on considère que chaque scientifique connaît la distribution du travail cognitif avant de choisir le projet dans lequel ils vont faire porter leur effort (hypothèse de distribution). Enfin, chaque projet a une fonction de succès (*success-function*), dépendante de la quantité de ressources allouées et donnant la probabilité objective de son succès. Ces fonctions sont connues par tous les scientifiques (Muldoon et Weisberg, 2011, p. 163-164).

L'objectif des auteurs est de bâtir un modèle qui ne ferait pas ces hypothèses. Ce modèle est explicité et testé dans l'article de Weisberg et Muldoon (2009). Il étend l'approche de Kitcher (considérant une distribution des ressources entre deux méthodes possibles) en se basant sur un « champ épistémique » à trois dimensions x, y, z . Ce dernier représente, pour un objectif précis fixé à l'enquête, l'ensemble des projets possibles (en coordonnées x, y), assortis de leur « signifiante » (en z). Cette signifiante joue le même rôle que les fonctions décrivant les probabilités de succès chez Kitcher : elle mesure la pertinence du projet vis-à-vis du problème posé. Un champ épistémique se présente donc comme un paysage peuplé de collines et de vallées, paysage dans lequel les scientifiques évo-

luent (sans le connaître *a priori*) en suivant différents types de stratégies. On reste cependant dans une conception de la dynamique de l'enquête inspirée de la notion de main invisible. Les stratégies adoptées sont en effet basées sur le type de comportement *individuel* des chercheurs : ces derniers sont guidés dans leur choix par un profil de décision qui leur est propre. Les auteurs opposent ainsi des « followers », se dirigeant, dans la limite de la visibilité partielle qu'ils ont du champ épistémique, vers les programmes déjà explorés paraissant les plus prometteurs et des « mavericks », se déplaçant au contraire vers les zones encore vierges. Ils soulignent alors la supériorité épistémique de populations mixtes de « followers » et de « maverick », qui présente donc une forme de « diversité cognitive ». Ce résultat a été récemment rejeté par McKenzie et Himmelreich (2015). Nous n'entrons cependant pas ici plus dans le détail de ces discussions. La remise en cause de cet arrière-plan inspiré de la notion de « main invisible » par une vague de critiques partageant un même désir affiché de rendre compte de la présence d'institutions réglant la production et la dissémination du savoir va en effet nous fournir des outils plus pertinents pour aborder les sujets qui nous occupent ici.

III.1.1.2 La division du travail cognitif comme produit institutionnel

L'utilisation de la notion de main invisible pour décrire le fonctionnement de la communauté scientifique est explicitement mise en cause dans les travaux de Wray (2000). Ce dernier souligne notamment le fait que « beaucoup des pratiques et institutions constitutives de la science sont intentionnellement conçues par les scientifiques afin de lui permettre d'atteindre [ses] objectifs » (*Ibid.*, p. 164). Il propose alors de remplacer la notion de main invisible par celle de « main cachée » (*hidden hand*), de manière à rendre compte de l'existence de structures mises en place *dans le but* de permettre à la science de contribuer de manière efficace à la « connaissance du monde » (*Id.*). Comme exemple d'institution activement générée par les scientifiques eux-mêmes pour contrôler la production des connaissances, Wray cite le cas des sociétés savantes, comme la *Royal Society* (*Ibid.*, p. 170). Cette dernière a ainsi, lors de sa fondation, « adopté une politique d'inclusion d'hommes exerçant différentes professions, de manière à améliorer [son] impartialité » (p. 171). De manière générale, pour Wray, « les institutions constitutives de la science sont conçues et continuellement affinées de manière à assurer que les facteurs pouvant conduire les scientifiques à être partiaux n'aient pas une influence défavorable sur elle » (p. 173). Autrement dit, les explications du type main invisible pèchent en ce qu'elles ne prennent pas en compte l'existence d'institutions, de règles, de structures œuvrant explicitement pour permettre à la communauté scientifique d'atteindre ses

objectifs (ici, construire des connaissances sur le monde naturel).

Parmi ces institutions internes à la communauté scientifique, il en est une qui, bien que non citée par Wray, est largement étudiée pour son influence sur l'orientation de l'enquête : la processus d'évaluation par les pairs comme facteur contrôlant la production et la diffusion des connaissances. Cette question possède deux aspects relativement indépendants. On peut, tout d'abord, se pencher sur l'influence indirecte que joue ce mécanisme sur l'orientation de l'enquête, à travers notamment la dynamique de publication des travaux scientifiques (Origgi et Ramello, 2015). Cette analyse peut se faire dans un cadre très proche de celui défini précédemment : une science auto-organisée, menée par des individus libres, uniquement soumis au jugement des pairs, garant de la qualité épistémique du savoir produit. Les modalités du financement institutionnel de la recherche ne sont alors pas considérées : on suppose, implicitement, que les ressources allouées ne sont pas un facteur limitant. Dans un second cas, plus pertinent à la fois vis-à-vis de la dynamique contemporaine de la science et du problème qui nous occupe, l'évaluation par les pairs est également étudiée comme outil de sélection des projets financés par les bailleurs de fond. Pour plusieurs auteurs, la prise en compte de cet aspect est crucial pour penser la question de la division du travail cognitif, ce qui implique de revenir de manière radicale sur les modèles inspirés par la notion de main invisible. Comme le note Viola (2015), il existe en effet une forme de paradoxe liée à la figure du « philosophe monarque ». Dans la tradition héritée du modèle de Kitcher, cette dernière est seulement invoquée pour penser une division *théorique* optimale du travail cognitif (question (1) de Viola), puis évacuée pour laisser place à une science parfaitement autonome. On pose donc l'idée qu'« en science, il n'y a pas de planificateur social (*social planner*) » (Zollman, 2014, p. 6). On retrouve le même type d'affirmation chez Strevens (2013), pour qui « dans le recherche scientifique moderne, il n'y a plus de super-intendant » (p. 21). Viola note alors que « même s'il est vrai qu'il n'y a pas de monarque/super-intendant centralisateur, il est faux de conclure que les scientifiques sont seuls dans le jeu » (p. 9). En particulier, il rappelle que Wray (2000) a justement noté l'importance de prendre en compte « les institutions conçues par les scientifiques » (*Id.*). Cependant, il juge que ce dernier n'est pas allé assez loin, en omettant de se pencher sur le cas des structures *imposées* à la communauté scientifique, comme les agences de financement. Ces dernières, outre leur rôle centralisateur, sont fortement sensibles « à des facteurs externes comme les décisions politiques de poursuivre tel ou tel projet scientifique » (*Id.*). Cette nécessité de ramener le modèle idéal d'une science autonome, à la réalité de la pratique de la recherche et de ses modes de financement, est

une idée aussi vieille que le débat sur la division du travail cognitif lui-même. Ainsi Ylikoski (1995) critique-t-il sur cette base les travaux de Kitcher et plus généralement l'utilisation de la notion de main invisible pour décrire le développement des sciences. Il note en particulier que ces modèles mobilisent l'hypothèse selon laquelle « la science est une partie auto-suffisante de la réalité qui n'est pas connectée de manière significative à la société qui l'entoure » (p. 40). Cela revient à prendre pour acquis que « la science est réellement autonome », conclusion qui « n'est pas valide pour la science en générale » (*Id.*). L'auteur va plus loin, en affirmant qu'« il est nécessaire de se demander si cette liberté est bonne pour la science et pour la société ». Sur ce point, nous dit-il, « il peut y avoir de grandes différences entre les champs scientifiques » (*Id.*). Plus concrètement, cette manière de traiter la question de la division du travail cognitif est problématique, car « elle ne prend pas en compte le fait que la science est hautement dépendante des ressources qui lui sont allouées de l'extérieur » (p. 41).

Il s'agit donc, pour aborder la question (2) posée par Viola d'une manière qui soit politiquement pertinente (c'est-à-dire, qui puisse guider les mécanismes de financement), de considérer une dynamique d'allocation des ressources à la communauté scientifique qui soit plus réaliste. Quelques travaux récents ont donc intégré aux modèles de DTC une instance centralisatrice sélectionnant les projets qui seront ou non poursuivis. Précisons ici que ce caractère centralisateur vient du fait que les projets sont mis en compétition les uns par rapport aux autres, dans un contexte de ressources finies ; dans cette perspective, les orientations prises par le champ scientifique dépendent de la décision d'un seul (ou d'un nombre limité) d'organismes. Suivant cette logique, Avin (2017, 2018) a cherché à compléter les travaux de Kitcher, Strevens et Weisberg en prenant explicitement en compte le type de financement mis en place. Alors que « les modèles précédents se sont concentrés sur le rôle des facteurs internes dans la balance entre l'exploration et l'exploitation¹⁰⁰ », nous dit l'auteur, « ce travail est le premier dans cette ligne de recherche à considérer les effets d'un facteur externe, institutionnel : la sélection par une instance de financement centralisatrice » (Avin, 2016, p. 11). Le modèle qu'il utilise est très largement inspiré de celui de Weisberg et Muldoon (2009). Comme dans ce dernier cas, on considère un champ épistémique donné d'avance, progressivement

¹⁰⁰ Avin fait ici référence à l'antagonisme mobilisé par Polanyi (par exemple, 1962) pour contraster des voies de recherche mal connues, utilisant des méthodes encore mal maîtrisées ou centrées sur des objets mal caractérisés (*l'exploration*), et des pratiques répandues et peu risquées, dont le résultat peut être prévu avec un bon degré de certitude (*l'exploitation*).

découvert (rendu visible) par le groupe de scientifiques qui l’explore. Mais contrairement au modèle de Weisberg et Muldoon, les agents ne sont pas libres de se déplacer comme ils le souhaitent dans le champ épistémique : seul un sous-groupe est sélectionné pour mener ses « recherches », l’idée étant de comparer différentes stratégies de sélection. Avin met ainsi en parallèle une sélection aléatoire et une sélection basée sur l’estimation préalable de la valeur épistémique des positions occupées par les agents dans le champ – stratégie se rapprochant le plus d’un choix fait sur la base d’une évaluation par les pairs. Il montre alors que la première modalité de financement est soit équivalente, soit bien supérieure à la seconde, selon les paramètres utilisés (notamment, la taille du champ). Autrement dit, pour l’auteur, une prise en compte de la seule qualité scientifique des projets n’optimise pas la diversité épistémique (cette dernière étant valorisée comme favorisant le progrès des connaissances) :

Ce résultat est en accord avec une conclusion que partagent un grand nombre de travaux portant sur la modélisation des communautés scientifiques : la diversité dans ces communautés s’oppose à la recherche de l’excellence comme moyen de promouvoir le progrès épistémique. La tension du financement de la science, entre originalité et plausibilité, est donc liée à la tension entre diversité et excellence, entre exploration et exploitation (Avin, 2016, p. 11).

Pour plus de clarté et de rigueur, nous choisirons plutôt de formuler cette conclusion sous la forme suivante : dans le cas où l’on cherche à atteindre un objectif précis et que plusieurs types d’*approches*, plus ou moins pertinentes, peuvent être envisagées, mener une sélection des projets sur la base de leur seule qualité scientifique estimée n’optimise pas la division du travail cognitif. Présentée de cette manière, la thèse d’Avin semble assez triviale : à partir du moment où l’on considère la co-existence de différentes approches, toutes susceptibles d’apporter une contribution fixée (altitude z), mais non connue à l’avance, à la réalisation d’un objectif donné, il est évident que l’estimation *a priori* de cette contribution potentielle des projets ne suffit pas à garantir l’efficacité de l’enquête (l’optimisation de la division du travail cognitif). Les conditions générales de départ (issues d’une conception théorique implicite valorisant systématiquement la diversité) contraignent donc fortement les résultats obtenus. Nous reviendrons sur ce point, qui semble tout à fait central pour aborder de manière critique les discussions sur la division du travail cognitif.

III.1.2 La question du « conservatisme »

Un second travail récent se saisit de cette question de l’exploration (*vs.* l’exploitation au sens d’Avin (voir p. 144) en se plaçant dans la tradition de la littérature sur le DTC. Kummerfeld et

Zollman (2016) critiquent ainsi explicitement la légitimité d'une organisation de l'enquête basée sur la notion de *main invisible*, en établissant un lien entre le « conservatisme » et ce qu'ils appellent « l'état de nature [de la communauté] scientifique (*scientific state of nature*) ». Plus précisément, il s'agit, pour les auteurs, de remettre en cause l'idée (qu'ils jugent répandue) selon laquelle « les structures institutionnelles [doivent] laisser les scientifiques à leurs propres affaires ». Pour eux, « cette idée révèle une hypothèse d'arrière-plan selon laquelle les scientifiques font mieux lorsqu'ils sont laissés seuls – lorsqu'ils opèrent au sein de ce que nous appelons un *état de nature scientifique* » (p. 1057). L'objectif des auteurs est de critiquer la pertinence de cette hypothèse d'arrière-plan, en montrant qu'en l'absence de toute instance régulant les orientations prises par l'enquête, des scientifiques libres de choisir leur stratégie de recherche (avec pour objectif de maximiser leur apport *personnel* à la résolution d'un problème) tendent à choisir le programme le moins risqué. À l'échelle de la communauté, cela se traduit par un conservatisme qui diminue son efficacité globale dans l'accomplissement de ses objectifs.

Le raisonnement de Kummerfeld et Zollman se base sur la littérature abondante concernant le « *bandit-problem* ». Adapté au cas du développement scientifique, la situation est la suivante. Soit un agent devant choisir, de manière répétée, entre deux approches pour résoudre un problème (les auteurs reprennent ici, comme illustration, l'exemple développé dans Zollman (2010) concernant le traitement des ulcères gastriques). Chaque approche donne, lorsqu'elle est choisie, un résultat dont le score (l'« utilité ») varie selon une certaine distribution de probabilités (modélisant, par exemple, le succès plus ou moins grand d'un traitement donné pour soigner les ulcères). À chaque itération de son choix, l'agent enregistre les résultats précédents : il construit donc, au fur et à mesure du « jeu », une connaissance plus fine de la pertinence de chaque approche (de la distribution de probabilité de son succès). La question est donc celle de savoir, à chaque instant, quel choix permettra à l'agent de maximiser son apport à la résolution du problème posé (le score qu'il obtiendra). Deux stratégies sont possibles. L'agent peut se servir de l'information glanée précédemment pour choisir l'option présentant le score moyen le plus élevé (après un nombre limité de tirages) : c'est le « choix sécuritaire » (*safe-choice*). Inversement, l'agent peut choisir l'option qui est, pour le moment, la moins validée par l'expérience passée : c'est ce que les auteurs nomment le « choix risqué » (*risky-choice*). Cette situation peut se modéliser en considérant un paramètre ϵ , tel que l'agent choisit le *safe-choice* avec une probabilité $1-\epsilon$ et le *risky-choice* avec une probabilité ϵ . Le paramètre ϵ mesure donc l'inclination de l'agent à l'exploration. Le travail des auteurs consiste ensuite à comparer l' ϵ optimisant l'efficacité de la communauté scientifique *dans son ensemble* et celui optimisant la réus-

site des scientifiques individuels. Ils montrent alors que dans l'hypothèse où ces derniers se basent uniquement sur une appréciation de leur utilité personnelle, ils se comportent en suivant un ϵ trop faible. Autrement dit, ils ne sont pas assez explorateurs, et tendent à exploiter les approches qui ont fait leurs preuves. En conséquence, « cela mène à une homogénéisation de la pratique scientifique, où les individus choisissent uniformément le même projet de recherche sécuritaire » (p. 1058). Et de manière plus générale, les auteurs en déduisent que « la référence à un état de nature scientifique comme source endogène de diversité, telle qu'elle est exprimée par Bush, Polanyi et les autres, est critiquable (...). Dans la pratique scientifique, il y a une influence conservatrice qui écarte les scientifiques de ce qui serait la meilleure organisation de la science » (p. 1058). Notons que ce résultat n'est pas, qualitativement, très différent de celui déjà énoncé par Kitcher. Comme lui, Kummerfeld et Zollman en arrivent à la conclusion que « des scientifiques épistémologiquement égoïstes (*self-interested scientists*) adoptent trop souvent la méthodologie qui leur apparaît, à un moment donné, la plus fructueuse, au détriment des choix qui seraient bénéfiques pour l'ensemble de la communauté » (p. 1068). L'intérêt de ce travail réside plutôt dans la discussion que les auteurs proposent de ce résultat. Ils axent en effet leur réflexion sur les différentes structures institutionnelles capables de lutter contre ce conservatisme inhérent à la dynamique de l'enquête. Comme Kitcher et Strevens, ils notent tout d'abord que l'existence d'un système de récompenses « encourage parfois la recherche innovante » (p. 1074). Ils imaginent cependant d'autres solutions, qui les fait s'éloigner radicalement du cadre de la main invisible. Notamment, ils envisagent la possibilité « d'encourager activement une science risquée, peu répandue » (p. 1057). Cela implique la mise en place assumée d'un « contrôle institutionnel », qui doit être pensé dans l'optique de combattre le conservatisme inhérent à l'enquête. La question de la division du travail cognitif est donc mise sous la dépendance d'une réflexion sur « les types de contrôle institutionnel existants, ou qui pourrait être créés, de manière à contrer ce problème » (p. 1074). Bien évidemment, les auteurs restent très prudents, tant le sujet est sensible, sur les modalités de ce façonnage des directions de la recherche pas un (ou des) centres organisateurs. Ils reprennent ainsi à leur compte les critiques classiques contre la recherche sur projets : « bien que nous affirmions que l'état de nature scientifique est sub-optimal », nous disent-ils, « il peut sans aucun doute être encore dégradé par des instances décourageant la recherche innovante et risquée – et en effet, de nombreux scientifiques considèrent que c'est le cas, actuellement, avec le contrôle gouvernemental du financement » (p. 1075). Malgré cette réserve, les auteurs admettent la possibilité de mettre en place un contrôle institutionnel des orientations prises par l'enquête afin d'améliorer la manière dont sont (ou seraient) distribuées les tâches dans un hypo-

thétique état de nature scientifique. On a donc là, à l'état embryonnaire, un argument justifiant, sur le plan épistémique, un certain degré de *centralisation* des décisions de politique scientifique. Cette centralisation s'oppose à un ordre totalement *polycentrique*, pour reprendre les termes de Polanyi, régi par un principe de main invisible. Elle est en effet censée optimiser la division du travail cognitif à la manière du philosophe monarque de Kitcher, c'est-à-dire en influant directement l'organisation de l'enquête de manière à la rapprocher, de manière volontaire, d'un idéal formulé au préalable. Ce glissement vers une *rationalisation* de l'activité scientifique semble finalement une réponse logique à la double question fondant les débats étudiés ici : si l'on est capable de penser une division optimale du travail cognitif, pourquoi faire confiance à une main invisible pour la réaliser ? Les travaux de Kummerfeld et Zollman sont intéressants en ce qu'ils suggèrent qu'une certaine dose de « monarchie philosophique » est non seulement inévitable pour réguler la science contemporaine, mais souhaitable pour en assurer la fécondité.

Ainsi formulée, la thèse de Zollman et Kummerfeld est en contradiction nette avec la thèse I. En suggérant que le libre choix des scientifiques individuels (ou, si l'on souhaite être plus réaliste, du groupe de recherche) ne va pas forcément dans la direction d'une optimisation de la division du travail cognitif pour atteindre un objectif prédéfini, elle cherche à porter un coup au lien établi entre la liberté individuelle (le « polycentrisme » de Polanyi) et la fécondité épistémique de la recherche (conçue, rappelons-le, comme la capacité à poser et à résoudre des problèmes nouveaux). Les auteurs interprètent ce résultat en affirmant que l'« état de nature scientifique » est naturellement « conservateur », c'est-à-dire hésitant à poursuivre des voies de recherche encore peu explorées. Ce conservatisme n'est pas jugé néfaste *en lui-même*, mais en tant qu'il éloigne le champ scientifique d'une division optimale du travail cognitif. Notons ici que les résultats d'Avin (2016, 2018) sont conceptuellement très proches. Ce dernier suggère en effet que si le seul critère utilisé dans la sélection des projets est leur qualité épistémique estimée, on s'éloigne nécessairement de la division optimale. Or, les scientifiques « joueurs » de Zollman procèdent justement de cette manière : ils suivent la voie qui leur semble avoir la plus grande probabilité de réussite. Dans les deux cas, c'est donc une même stratégie qui est condamnée : celle consistant à donner plus de poids à la qualité estimée d'une stratégie qu'à la prise de risque. Avin associe cette stratégie au processus classique d'évaluation par les pairs et Zollman à l'« état de nature scientifique ». Avant de juger de la portée exacte de ces résultats sur notre problématique, il nous semble nécessaire de prendre un peu de recul par rapport à la littérature sur la DTC dans son ensemble.

III.1.3 Division du travail cognitif et dynamique de la science

Pour le dire de manière lapidaire, il nous semble que la littérature sur la division du travail cognitif est riche de ce qu'elle ne montre pas (ses présupposés implicites sur la dynamique de la recherche) et très pauvre par ce qu'elle montre (les résultats de ses modèles). Ces derniers apportent en effet peu de résultats exploitables pour penser les conditions concrètes du financement de la recherche ; d'autre part, une fois admises et explicitées les hypothèses sur lesquelles ils se fondent, les résultats qu'elle tire de ses modèles, fussent-ils très élaborés, ne disent finalement rien qui n'était déjà contenus dans leur formulation. Cependant, ces hypothèses sont elles-mêmes intéressante en ce qu'elles contiennent une philosophie implicite de l'activité de recherche. Commençons donc par le positif : quelles sont ces hypothèses sur la dynamique de la science fondant les travaux sur la DTC ?

Premièrement, la recherche est pensée, dans cette littérature, comme tendue vers des objectifs *prédéfinis* par rapport auxquels les scientifiques s'engagent dans telle ou telle direction. Ces objectifs peuvent être de nature variée ; en particulier, si l'on se réfère aux exemples donnés dans les travaux s'inscrivant dans cette tradition, certains sont purement cognitifs (trancher entre deux théories pour expliquer la tectonique des plaques chez Kitcher, 1990) et d'autres fortement inspirés par la pratique (trouver le mécanisme causal d'une pathologie chez Kummerfeld et Zollman, 2016). Ce point est important, car il s'inscrit pleinement dans notre volonté de séparer la question du mode de détermination des objectifs (thèse I) de celle de la nature de ces objectifs (thèse II). En étant aveugle au *type* de problèmes à résoudre, la littérature sur le DTC trouve une place toute naturelle en tant que réponse possible à la thèse I. Ainsi, pour un modèle de DTC, peu importe finalement que l'objectif à atteindre soit la découverte du principe manquant entre la mécanique quantique et la relativité générale, ou la mise au point d'une méthode de synthèse pour une molécule thérapeutique. Peu importe, même, *qui* a fixé l'objectif – en cela, comme nous le verrons, les auteurs peuvent être mobilisés plus spécifiquement en réponse à la thèse I(ii).

Dans ce cadre, la notion de diversité épistémique est grandement clarifiée. Celle-ci n'y est en effet pas défendue en tant que telle mais comme un outil dans la poursuite des objectifs fixés. Ainsi, la balance entre l'exploration et l'exploitation (au sens de Polanyi et d'Avin, voir p. 144) est décrite comme un problème d'*optimisation* : la promotion de la diversité n'a pas de sens dans l'absolue, mais au sein d'un raisonnement *prudentiel* basé sur l'estimation comparée de la pertinence des différentes approches disponibles. Il s'agit donc d'une stratégie de gestion du risque qui ne considère pas que l'exploration de nouvelles voies de recherche soit en elle-même positive, en dehors de tout

contexte. Dans le même mouvement, cette perspective apporte une définition stimulante de la notion d'exploration. Celle-ci n'est plus décrite comme une attitude permettant l'ouverture de pistes radicalement nouvelles, ou la définition de nouveaux objets, mais comme le choix d'une approche considérée comme risquée vis-à-vis de la résolution d'un problème donné. Dans l'optique de la division du travail cognitif, ce choix est positif pour l'ensemble de la communauté (voire de la société) si et seulement s'il maximise les chances d'atteindre l'objectif fixé. Ainsi, on n'explore pas l'inconnu pour lui-même, en étant porté par un désir individuel d'accroître nos connaissances sur le monde, mais en gardant à l'esprit la pertinence de notre approche dans le but de traiter une question largement partagée. Finalement, l'exploration et l'exploitation sont alors dans une différence de *degré*, pas de *nature*.

Une fois ce cadre posé, que nous apprennent les résultats obtenus à grand renfort de modèles mathématiques? Pas grand chose, sans doute. Tous les modèles partent peu ou prou du même point : un problème à résoudre et différentes stratégies envisageables, ayant toutes une chance de succès fixée à l'avance. Si l'on pose, dans un second temps, les scientifiques comme de froids calculateurs rationnels se basant sur la pertinence épistémique estimée d'une voie de recherche pour faire leur choix, il n'est pas étonnant qu'ils ne parviennent pas, *seuls*, à optimiser la division du travail cognitif. De même, il est tout sauf surprenant que l'ajout d'une incitation à s'écarter des voies les plus courues (par exemple, par un système de récompenses) tendent à compenser la ruée des scientifiques vers les stratégies les plus sûres. Depuis le travail séminal de Kitcher, il nous semble que les études qui se sont succédées n'ont pas apporté de nouveautés décisives permettant d'améliorer sensiblement ces conclusions déjà minimales. Bref, les modèles ne donnent rien de plus que ce que les auteurs y ont mis. Une fois implicitement acceptés le principe et les hypothèses qui les fondent, le reste se déduit relativement aisément.

L'argument intéressant que, nous semble-t-il, nous pouvons tirer de cet ensemble de travaux, est finalement le suivant : *si* l'on considère que la dynamique de la science est régie par une activité de résolution de problèmes prédéfinis, partagés par une communauté, *alors* on peut trouver des raisons de douter de la validité de la thèse I. Pour peu que l'on accepte ses hypothèses de base, la littérature sur la DTC fournit des arguments contre I(ii) : une fois fixé un objectif à poursuivre, il n'y a pas de raisons de penser qu'un champ scientifique constitué d'individus (ou de petits groupes) entièrement libres de choisir une stratégie de résolution soit plus performant qu'un « monarque

philosophe » centralisateur. Cependant, cette remarque est, en l'état, insuffisante pour s'attaquer à la thèse I. D'une part, en partant d'un problème déjà formulé, elle laisse de côté la thèse I(i), portant sur la capacité d'une science libre à formuler des problèmes originaux. D'autre part, elle n'est pas totalement satisfaisante non plus pour faire face à I(ii). En effet, elle ne considère pas l'idée que les scientifiques puissent délibérément choisir une voie peu explorée, par simple *goût du risque*. Or, c'est justement cet esprit d'aventure, où l'exploration de l'inconnu serait valorisée en tant que telle, qui est au centre de la thèse I. En faisant des scientifiques des calculateurs de risque froids et rationnels, la littérature sur la DTC s'éloigne, sans se justifier, du modèle de l'activité scientifique qui a cours dans bien des argumentaires pro-autonomie.

Un dernier point important mérite sans doute d'être soulevé, qui rend délicate l'utilisation, en l'état, des résultats issus de la littérature sur la DTC : le manque de clarté sur l'*objet* exact qui est divisé : sont-ce les « paradigmes » ? Les « méthodes » ? Les « théories » ? Il existe un véritable flou sur ce point dans la littérature sur la division du travail cognitif. Comme le note De Langhe (2014), les auteurs mobilisent ainsi différentes dimensions de l'activité scientifique pour bâtir leurs arguments : « l'unité de base utilisée par Kitcher sont les “méthodes”, Strevens utilise la notion de “programme de recherche” et Brock celle de “théorie” » (p. 445). Kummerfeld et Zollman (2016) reconnaissent eux aussi cette indétermination de l'objet exact dont on pense la distribution, lorsqu'ils jugent bon de préciser leur notion de « projet de recherche général » en y incluant « les bagages théoriques, les paradigmes, les méthodologies de recherche, les stratégies de traitement en médecine » (p. 1059). Or, il est évident que la division du travail cognitif peut se faire, simultanément, dans plusieurs de ces dimensions. Un exemple simple permettra de bien saisir de point. Supposons que l'on souhaite trouver un remède pour une certaine maladie bactérienne M . Différentes options de diversification sont ouvertes. Il est tout d'abord possible, en restant dans le cadre C_1 de la biologie cellulaire et moléculaire, d'isoler les protéines de la membrane bactérienne et de mettre au point un vaccin, avec, par hypothèse, deux méthodes possibles, MV_1 et MV_2 . On peut également chercher des antibiotiques, avec (toujours par hypothèse), deux méthodes MA_1 et MA_2 envisageables (par exemple, le criblage aléatoire ou la conception d'une molécule spécifiquement dirigée contre une protéine bactérienne). Si l'on s'élève d'un niveau, nous pourrions également chercher à diversifier les approches en caractérisant d'un point de vue épidémiologique la propagation de la bactérie (ME_1 et ME_2). Enfin, pourquoi ne pas considérer également comme pertinente la recherche d'un autre cadre conceptuel que celui de la biologie moléculaire, mettant en avant, par exemple, l'état de l'or-

ganisme dans son ensemble, dans une perspective holistique (cadre C_2) ? La question de la division du travail cognitif doit ainsi s'exprimer en termes d'équilibre entre MV_1 , MV_2 , ME_1 , ME_2 et C_2 . Il est donc nécessaire de savoir à quel niveau penser la distribution des ressources et donc le travail d'un hypothétique « philosophe monarque » kitchérien. Cette remarque rejoint la question de la superposition des objectifs guidant la recherche, soulevée dans le chapitre II et qui doit être intégrée à tout modèle du développement scientifique.

Finalement, le principal mérite de cette littérature portant sur le la DTC est de laisser entrevoir une conception de la dynamique de la science qui pourrait constituer une alternative pertinente à la valorisation de la liberté individuelle sous-tendant la thèse I. Cependant, un travail théorique un peu plus poussé est nécessaire pour expliciter, justifier et prolonger cette conception. L'enjeu, en effet, est de pouvoir en faire un outil de discussion de la thèse I, dans ses variantes (i) et (ii). Comme nous l'avons noté, les arguments présentés dans cet ensemble de travaux sont susceptibles d'apporter des éléments pertinents pour une analyse critique de I(ii), mais ils sont inopérants sur I(i). Dans les sections suivantes, nous nous proposons ainsi de mobiliser (puis, dans le chapitre IV, de renouveler) la conception pragmatiste de l'enquête, celle de Dewey en particulier, pour consolider les acquis de la littérature sur la DTC et mettre sur pied un cadre de réflexion offrant une voix à opposer à la thèse I.

III.2 La théorie deweyienne de l'enquête : quelques éléments

Le pragmatisme en général et Dewey en particulier connaissent un regain d'intérêt ces dernières années dans différentes branches de la philosophie (Haack, 2006 ; Brown, 2012). Dans la réflexion politique, il est actuellement mobilisé pour repenser les conditions du libéralisme (Cometti, 2016) et la question de la délibération en démocratie (Dijstelbloem, 2014 ; Zask, 2015)¹⁰¹. Au niveau épistémologique, le pragmatisme de Dewey peut servir de point d'appui pour aborder le thème du pluralisme des valeurs et/ou des opinions et vérités (Misak et Talisse, 2014 ; Aikin et Talisse, 2016). Dans un cadre plus directement attaché à l'analyse, descriptive et normative, de l'entreprise scientifique, les défenses du pluralisme construites par Mitchell et Longino se revendiquent également d'une certaine forme de pragmatisme (voir chapitre IX). D'autre part, certains auteurs s'inspirent

¹⁰¹Pour un exposé plus général des aspects proprement politique de la philosophie de Dewey, on pourra se référer notamment à Tiles (1990) ou Westbrook (1991).

également de Dewey pour penser l'inclusion de l'entreprise scientifique dans un « environnement social » (Mirowski, 2004., p. 290), ainsi que le rôle possible des publics dans la détermination des orientations de la recherche (Dijstelbloem, 2014). Dans cette même veine, des auteurs comme Kitcher abordent la « philosophie des sciences », ainsi que la question de sa gouvernance, avec un regard explicitement pragmatiste (Kitcher, 2013).

Un autre aspect du travail de John Dewey nous semble tout à fait pertinent pour les thèmes précis qui nous occupent : sa « logique », ou théorie de l'enquête. Si l'on en croit Brown, qui a consacré sa thèse de doctorat à la « philosophie des sciences » de Dewey (Brown et Guston, 2009), cet aspect du travail de Dewey commence tout juste à être interrogé sérieusement par les philosophes des sciences. Ainsi, sa théorie de l'enquête « n'a malheureusement pas été analysée en profondeur par les philosophes des sciences contemporains intéressés par Dewey. Réciproquement », ajoute-t-il, « les spécialistes de Dewey n'ont que rarement mis en lumière ses connections avec la philosophie des sciences » (Brown, 2012, p. 259). Le principal objectif de Brown est donc de réinvestir les travaux du penseur pragmatiste, afin de montrer en quoi ce dernier « peut être particulièrement intéressant pour les philosophes cherchant à analyser la “science en pratique” » (p. 258).

Dans ce chapitre, nous aimerions, sur la base de cette lecture de l'œuvre de Dewey, esquisser une philosophie de l'enquête qui nous permette, une fois réinvestie et actualisée, de penser la balance entre la liberté individuelle du scientifique et le pilotage centralisé de la recherche. Nous avons inauguré cette démarche en soulignant les mérites de la conception de l'activité scientifique sous-tendant la littérature sur la division du travail cognitif. L'un des enjeux sera donc pour nous de justifier et de préciser cette dernière, en prenant pour base l'approche pragmatiste de l'enquête, que nous devons, bien entendu, compléter et prolonger pour répondre aux questions spécifiques que nous soulevons ici. Pour ce faire, nous commencerons, dans cette section, par offrir un bref aperçu des éléments clés de la théorie deweyenne de l'enquête¹⁰². Cette analyse sera illustrée par un exemple historique (la découverte par Avery de la nature chimique de l'information génétique), avant d'être complétée et actualisée dans le chapitre IV à la lumière de travaux plus récents en philosophie des sciences. Nous suggérerons en outre par la suite (chapitres IX et XI) que Mitchell et Longino, d'une part et Kitcher, d'autre part, en négligeant de considérer cette logique de l'enquête

¹⁰²Les analyses de Brown nous serviront ici de principale source interprétative. Ce dernier présente en effet le mérite de lire Dewey en mettant en valeur ses apports potentielles pour la philosophie des sciences contemporaines. Outre les références proposées plus haut, une perspective synthétique sur l'épistémologie pragmatiste, et deweyenne en particulier, peut être trouvée dans Cochran (2010).

comme une propriété inhérente à tout processus de recherche, s'écartent du pragmatisme qu'ils souhaitent incarner.

III.2.1 Présentation générale

L'une des particularités marquantes du travail de Dewey est sa volonté de proposer une conception unifiée de l'enquête. Ce dernier terme recouvre ainsi, comme nous allons le voir, tout autant l'enquête « de sens commun » que l'enquête « scientifique » : il y a « continuité » entre ces activités (Brown, 2012, p. 262). Quelque soit le type d'objectif qu'elle poursuit, elle possède donc, pour Dewey, une structure de base commune qu'il désigne par le vocable de « Logique » et qu'il décrit dans son célèbre *Logic : The Theory of Inquiry*, publié en 1938.

III.2.1.1 Une théorie unifiée de l'enquête : la notion de *continuité*

Cette forme de continuité, formant la base de son projet philosophique, est explicitement assumée par Dewey, qui affirme « l'unité fondamentale de la structure de l'enquête en science et dans le sens commun », en précisant que « leurs différences sont liées aux problèmes spécifiques auxquels elles sont confrontées et non pas à leur logique respective » (Dewey, 1938, p. 79). Dewey étaye cette idée en caractérisant le « sens commun » comme étant concerné par « le monde dans lequel vivent les individus » (p. 66), c'est-à-dire les objets, produits, activités auxquels ces individus sont immédiatement confrontés. À l'inverse, l'enquête scientifique se détache de cet environnement directement accessible et introduit une relative distance vis-à-vis des besoins qui en émergent. Autrement dit, la notion de « continuité » n'est pas incompatible avec une conception de la science comme cherchant à « atteindre le savoir (...) pour lui-même » en construisant des « lois et des théories » (p. 66-67). L'idée maîtresse de Dewey est que l'enquête scientifique et de « sens commun » sont dans une différence de degrés, pas de nature. Comme le note Brown (2012), « à mesure que les enquêtes de sens commun développent des approches plus techniques, des outils et des concepts plus précis, des stocks d'informations plus importants et des investigations plus poussées et systématiques, elles se transforment en enquête scientifique » (p. 264). Et réciproquement, Dewey note que la science s'ancre, d'une certaine manière, dans les procédures ayant cours dans le monde commun : « le véritable savoir scientifique est vivifié quand l'enquête adopte comme ses procédures et objectifs propres les procédures instrumentales, souvent dépréciées, des travailleurs (*productive workers*). Cette adoption est la caractéristique première de la méthode expérimentale de la science » (Dewey, 1938, p. 99). On retrouve ici, avec plus d'un demi-siècle d'avance, le thème de la dimension artisanale et tech-

nique de la science, évoqué dans le chapitre II (p. 98). Notons cependant que cet ancrage dans une activité productive n'est pas, pour Dewey, le signe d'une quelconque *impureté* générale des sciences expérimentales : à l'inverse de beaucoup de discours critiques du « mythe de la science pure » (voir chapitre II, section 1, p. 96), le philosophe pragmatiste distingue finement les différentes dimensions le long desquels il est possible de penser l'intrication entre le champ scientifique et le monde social qui l'abrite. Nous reviendrons plus loin sur ce point. Finalement, la science émerge comme un type particulier d'enquête au sein d'un arrière-plan d'activités, de questions à résoudre, d'outils, de techniques disponibles. Ce type d'enquête ne se distingue que par « les sujets ou les types de problèmes à résoudre et le degré de distance vis-à-vis des besoins immédiats et le degré de précision, de contrôle et de systématité » (Brown, 2012, p. 263). Dewey donne ici un exemple éclairant :

Il y a un arrière-plan de matériaux et d'opérations disponibles pour le développement de ce que nous appelons science, bien qu'il n'y ait pas de division claire entre le sens commun et la science. Pour illustrer cette idée, nous pouvons supposer que l'astronomie primitive et les premières méthodes pour mesurer le temps (étroitement liées aux observations astronomiques) se sont développées à partir des nécessités pratiques de groupes cherchant à contrôler les cycles de reproduction des animaux et le calendrier des semailles (...). L'observation du changement de la position des constellations et des étoiles, de la relation entre la durée du jour et la place du soleil dans le ciel a fourni les informations requises. Les instruments nécessaires ont été développés de manière à réaliser ces observations et les techniques précises guidant leur utilisation ont suivi (Dewey, 1938, p. 77).

L'enquête scientifique se place donc dans une forme de *continuité* vis-à-vis de situations pratiques, dépendantes d'un ensemble de nécessités vécues et de techniques disponibles. Ne faisons cependant pas de Dewey un antidifférentiationniste avant l'heure : il y a pour lui, très certainement, des méthodes, des démarches propres au champ scientifique. Ces méthodes peuvent d'ailleurs être plurielles : l'unité qu'il recherche ne se situe pas à ce niveau là, mais aspire à un niveau beaucoup plus fondamental. Car l'enquête, chez Dewey, est conçue dans un cadre général où « l'organisme est engagé dans des transactions permanentes avec l'environnement » (Brown, 2010, p. 142). Ainsi, pour lui, « la notion de "continuité" signifie que les opérations rationnelles émergent d'activités organiques » (Dewey, 1938, p. 18). Finalement, en forçant un peu le trait, la capacité de mener des enquêtes peut être lue comme une aptitude biologique visant à maintenir une forme d'homéostasie entre l'organisme et son milieu : il s'agirait alors de « corriger un déséquilibre objectif dans le système organisme/environnement » (Brown, 2010, p. 142). De cette caractérisation générale, Dewey déduit sa théorie décrivant la structure générale de l'enquête.

III.2.1.2 L'enquête comme traitement de l'*indétermination* d'une situation

Dewey donne ainsi sa définition célèbre de l'enquête comme « la transformation contrôlée ou dirigée d'une situation indéterminée en une situation déterminée » (Dewey, 1938, p. 108). De manière générale, l'enquête est conçue comme un moyen de passer de l'incertitude, du doute, à une forme d'harmonie dans laquelle « les éléments de la situations originelle sont convertis en une totalité unifiée (*unified whole*) » (*Id.*). Cette définition repose sur trois concepts clés : ceux de *situation*, de *totalité unifié* et d'*indétermination*. Les deux premières notions peuvent se comprendre à partir de celle d'*expérience vécue* : « dans une expérience donnée », nous dit Dewey, « il n'y a pas d'objets ou d'évènements isolés ; un objet ou un évènement constituent toujours une part spécifique, une phase, ou un aspect d'un monde dont on fait l'expérience (*experienced world*) – une situation » (Dewey, 1938, p. 72). La notion de *situation* désigne donc, en première instance, l'ensemble du monde vécu par les individus qui le peuplent dans un contexte donné. En cela, il s'agit donc d'une *totalité unifiée* et non d'une expérience singulière et isolée. Comme le note Dewey dans une formule quelque peu elliptique, « une situation est un tout en vertu de son caractère envahissant (*pervasive*) ». C'est l'expérience directe du monde qui fonde une situation. Dans un échange avec Albert Balz visant notamment à clarifier cette notion de situation, Dewey précise ainsi que « le mot "situation" se réfère à quelque chose incluant un ensemble d'éléments divers existants au travers de grandes aires spatiales et de longues périodes de temps, mais qui possèdent, cependant, sa propre unité » (cité par Brown (2012), p. 271). Brown (2010) formule cette idée de la manière suivante :

Une situation est un état complexe incluant des agents ayant des objectifs et l'environnement physique et social dans lequel ils déploient leurs activités. Quand nous parlons de la situation de la femme dans la culture contemporaine, de l'état du réchauffement global, ou de l'épidémie de SIDA, nous sommes proches de la sorte de chose que Dewey appelle « situations » (Brown, 2010, p. 24).

À cette remarque, s'ajoute l'insistance de Dewey sur le caractère vécu, ressenti, de la situation¹⁰³. Le chapitre suivant sera dédié à la clarification et à l'actualisation de cette notion de situation ; restons-en, pour le moment, à cette première tentative de définition. Une fois ce point établi, on peut comprendre la notion d'*indétermination* de cette manière : celle-ci correspond au ressenti d'une incertitude, d'un doute surgissant au sein d'une situation. L'enquête a alors pour

¹⁰³Comme le résume encore Brown (2012), « les situations incluent les objets, les évènements, les agents, leurs relations, l'arrière-plan sur lequel ils apparaissent et l'expérience de leur unité qualitative ».

but de problématiser et de résoudre cette incertitude. En cela, elle se rapproche d'une activité de résolution de problème, avec cependant cette nuance importante soulignée par Brown (2012) :

Plutôt qu'une simple activité de résolution de problème, qui suppose que ces problèmes sont donnés au départ et que le processus d'enquête doit simplement leur fournir des solutions satisfaisantes, Dewey conçoit l'enquête comme une tentative de surpasser une situation indéterminée, qu'il nomme aussi, de manière moins technique, « perplexité ». L'enquête est un processus actif mené par un agent humain incarné. Les sources de perplexité, les problèmes à résoudre ne surgissent pas de considérations purement intellectuelles, mais de difficultés vécues au sein d'une situation, en tentant de mener à bien nos affaires (p. 272).

Il faut donc comprendre l'indétermination comme un obstacle *expérimenté* à la conduite des diverses activités que nous déployons en tant qu'organismes en interaction avec notre environnement. Dans son interprétation la plus large, cette notion est directement liée à la conception de l'enquête comme moyen d'assurer une forme d'équilibre, d'harmonie entre les individus et le monde dans lequel ils sont inclus. L'indétermination introduit alors une rupture dans cette relation. Pour illustrer cette idée, Brown et Guston (2009) prennent un exemple simple, qu'ils décrivent comme une « situation commune dans la pratique médicale » (p. 132) : celle d'un patient montrant des symptômes familiers, à qui le médecin fournit l'antibiotique usuel. « Si tout fonctionne bien », nous dit Brown, « le cours paisible du comportement se poursuit, il n'y a pas d'enquête proprement dite ». À l'inverse, si l'antibiotique ne fonctionne pas, ou provoque une réaction secondaire inattendu, il y a une rupture du cours habituel de l'activité médicale. Il s'agit alors, pour le médecin, de formuler clairement le problème à résoudre et de mener l'enquête pour y parvenir, le but étant de retrouver une situation stable, ou aucun obstacle ne bloque la réussite des activités déployées.

Notons qu'avec cette notion d'indétermination, Dewey marque son adhésion aux fondamentaux de la philosophie pragmatiste. Ce concept est en effet très proche de l'idée de *doute* chez Peirce. Comme pour ce dernier, le sentiment subjectif d'un doute ou d'une indétermination doit émerger d'une situation *réellement* vécue comme problématique pour donner lieu à une enquête féconde. Peirce oppose ainsi le doute *authentique*, lié à « un problème pressant ou à une véritable, tenace incertitude » (Brown, 2010, p. 140) aux « doutes de papier » soulevés sans aucune raisons si ce n'est « des buts philosophiques pernicious » (*Id.*). Dans le même esprit, Dewey note que « nous doutons car la situation est essentiellement douteuse. Des états de doute qui ne sont pas le fruit de quelque situation réelle sont pathologiques. Quand ils sont extrêmes, ils constituent la manie du doute (*the mania of doubting*) » (Dewey, 1938, p. 109).

Dans ce cadre, une enquête réussie doit suivre plusieurs phases¹⁰⁴, similaires au schéma général peircien *doute – enquête – croyance*. Dans la perspective de son *How we think* (1910), antérieure, donc, à sa *Logic*, Dewey concevait déjà « deux limites » au processus d'enquête : « d'un côté, une situation troublée, confuse, soulevant la perplexité et de l'autre, une situation clarifiée, unifiée, résolue » (p. 199). Entre ces deux bornes, Dewey propose une liste de cinq phases :

- (i) Une difficulté ressentie ; (ii) sa localisation et sa définition ; (iii) la suggestion de possibles solutions ; (iv) la formalisation des conséquences de ces suggestions par le raisonnement ; (v) la mise en place d'expérience menant à invalider ou valider ces solutions (Dewey, 1910, cité par Brown, 2012, p. 281).

Notons dès à présent que ces phases ne doivent pas être pensées comme un processus rigide, une succession temporelle et encore moins comme une méthode scientifique unifiée. Comme Dewey le note lui-même, « les cinq phases que nous avons notées ne se suivent pas dans un ordre déterminé ». Il ne s'agit pas là d'un enchaînement linéaire, mais de « modes d'activité concurrents et interdépendants », qui « fonctionnent en parallèle » (cité par Dortewitz, 2011, p. 208). Dans tous les cas, le détail de ces cinq phases pourrait certainement être remis en cause par un historien des sciences minutieux. Pour éviter de rentrer dans ce type de considération et parce que nous ne cherchons pas ici à justifier dans le détail l'universelle validité descriptive des analyses de Dewey, nous nous cantonnerons ici aux quelques remarques générales qui nous semblent pertinentes pour traiter la question que nous posons dans ce chapitre. En premier lieu, dans la perspective de Dewey, l'enquête s'ancre dans le ressenti vécu d'une indétermination surgissant au cours d'une pratique, se déployant elle-même au sein d'une situation. Cette indétermination est *objective*, correspond à un état réel de la situation et exige une solution. Pour ce faire, il est nécessaire de la transformer en problème bien posé (selon l'adage deweyien selon lequel « un problème bien posé est à moitié résolu » (Dewey, 1938, p. 112), c'est-à-dire en formulant explicitement les sources possibles des difficultés perçues. De ce problème bien posé peuvent donc découler des hypothèses à tester (Brown et Guston, 2009, p. 76).

Des *moyens* sont alors développés pour étudier ces hypothèses. Ces derniers sont jugés à l'aune

¹⁰⁴L'enchaînement de phases distinctes est au cœur de la *Logique* de Dewey. La formulation exacte de cette succession d'étapes apparaît à plusieurs reprises dans l'œuvre du philosophe et souvent exposée de manière différente, comme le rappelle Brown (2012) (p 281). Le but n'étant pas ici de proposer un panorama exhaustif de la pensée de Dewey, mais d'en extraire les jalons utiles à notre raisonnement, nous nous cantonnerons ici à une version générale qui pourrait, bien entendue, être affinée et précisée.

de leur capacité à atteindre l'objectif fixé. En conséquence, ils seront considérés comme « efficaces ou inefficaces, pertinent ou non pertinents, dispendieux ou économiques, le critère de jugement se trouvant dans les fins auxquels ils sont connectés en tant que moyens » (Dewey, 1938, p. 287). Plus concrètement, la qualité, la pertinence d'un projet est strictement dépendante de sa capacité à offrir une solution à un problème clairement défini. Dans les termes de Dewey, « toute idée s'ancre dans une suggestion, mais toute suggestion n'est pas une idée. La suggestion devient une idée lorsqu'elle est examinée en référence à sa valeur fonctionnelle, à sa capacité en tant que moyen à résoudre une situation donnée » (*Ibid.*, p. 110).

Encore une fois, cette description générale devrait être précisée à l'aune des développements de la science contemporaine. Cependant, notre objectif n'est pas, pour le moment, d'en étayer la validité, mais de la proposer comme une alternative possible, à explorer, aux conceptions de l'activité scientifique émanant des discours pro-liberté. Nous considérons donc la perspective pragmatiste comme un point de départ que nous affinerons aux cours de cette troisième partie.

À ce stade, plusieurs points intéressants semblent d'ores et déjà se dessiner. Tout d'abord, la volonté de considérer une unité structurelle au processus d'enquête fait écho au désir de penser la division du travail cognitif indépendamment de la *nature* des objectifs poursuivis. Dans les deux cas, on pense une logique qui soit commune, en particulier, à une recherche fondamentale et inspirée par l'usage. Sur ce terrain, la philosophie deweyenne semble donc parfaitement adaptée à l'analyse critique de la thèse I.

Deuxièmement, l'enquête et *a fortiori* la recherche scientifique, est pensée chez Dewey comme choix de *moyens* adaptés à l'accomplissement d'un objectif pré-défini – la résolution d'un problème, ou en termes deweyiens, la transformation d'une situation indéterminée en situation déterminée. Dans ce cadre, comme nous l'avons noté, les voies de recherche dans lesquelles s'engagent les scientifiques n'ont de valeur qu'au regard de leur capacité à atteindre la fin (explicite) visée. Nous suggérerons dans la suite que la notion d'exploration de l'inconnu est, comme celle de doute universel chez Peirce et Dewey, une notion vide de sens. On ne peut explorer réellement l'inconnu, tout comme on ne peut douter dans l'absolu, sans référence à une situation vécue. Pour le moment, notons simplement la convergence entre cette lecture de la dynamique de l'enquête et celle que propose la littérature sur la division du travail cognitif : dans celle-ci comme dans celle-là, une voie de recherche est toujours un moyen en vue d'un fin et la pertinence de la première doit donc

être jugée en fonction de la seconde. Ainsi, la diversité épistémique n'a pas de valeur en elle-même, indépendamment d'une situation dont l'indétermination exige une solution.

Troisièmement, cette indétermination est pensée comme objective. Autrement dit, les problèmes à résoudre peuvent être reconnus *collectivement* et ne sont pas réduits à être le produit d'une âme solitaire perdue dans les méandres de ses interrogations individuelles. Cette position explicite et justifie le parti-pris fondant la littérature sur la division du travail cognitif : la distribution des tâches peut être rationalisée. En effet, sans reconnaissance collective des questions à résoudre, la possibilité même de penser une optimisation de l'allocation des ressources est annihilée. Enfin, Dewey ajoute une dimension cruciale à cette réflexion, portant sur la manière dont surgissent ces problèmes à résoudre. Dans la perspective qu'il dessine, ceux-ci ne sont pas motivés par une question spéculative montant d'un esprit isolé, mais émergent de la confrontation directe et concrète à une situation soulevant le doute, la perplexité, l'incertitude, la surprise. Cette intuition forme la clé de voûte de la conception deweyenne de l'enquête et mérite donc qu'on s'y arrête.

Plusieurs remarques s'imposent en effet à ce stade, si l'on veut décrire plus précisément l'activité scientifique dans le cadre que nous propose le philosophe pragmatiste. Brown (2012) recense ainsi quelques critiques récentes adressées aux analyses de Dewey. En particulier, Browning (2002) note l'ambiguïté de l'opposition détermination/indétermination. Il remarque en premier lieu que la notion de « totalité unifiée » ne peut être la seule marque de l'état déterminé d'une situation et donc l'objectif final de toute enquête, étant donnée que toute situation est décrite par Dewey comme étant vécue sur ce mode de la « totalité unifiée ». Deuxièmement, Browning juge que les analyses de Dewey n'épuisent pas le tout de l'enquête. En particulier, la recherche scientifique donne souvent lieu à des enquêtes « infructueuses ou tronquées » (p. 169), c'est-à-dire qui s'interrompent avant d'avoir atteint leur objectif : la transformation de l'indétermination en détermination. Réciproquement, il note l'existence de « transformations fructueuses » qui n'ont pas été « contrôlées ou dirigées » (p. 168) : on retrouve ici le thème de l'imprévisibilité de la science. Comment rendre compte, en effet, de cette part de hasard, de contingences qui semblent caractériser le cheminement parfois chaotique de la recherche scientifique ? La conception deweyenne selon laquelle une enquête doit « s'engager dans une tentative délibérée et contrôlée de transformer une situation indéterminée en situation déterminée » (Brown, 2012, p. 276) et ne peut être réussie que si elle atteint cet objectif, semble en effet mal s'accorder avec la logique parfois erratique de la recherche. Une autre objection peut être soulevée dans cette même veine : si l'enquête s'achève avec la résolution du problème (bien)

posé, comment penser la continuité du processus ? La recherche scientifique apparaît en effet bien plutôt comme un processus jamais achevé, toujours en cours. De manière intéressante, les mêmes problèmes surgissent dans la littérature sur la division du travail cognitif. Dans la description qu'elle propose de l'activité scientifique, aucune place n'est laissée au traitement de l'imprévu et aux réorientations possibles, à la reformulation des objectifs de la recherche qui peut en découler. Pour compenser cette lacune, Avin (2016) inclut dans son modèle une certaine probabilité d'apparition de nouveaux reliefs au sein du champ épistémique dont il simule l'exploration. Cependant, ces nouveaux « sommets » sont toujours associés à la réalisation de l'objectif fixé à l'avance (trouver la structure d'une molécule, trancher entre deux théories, mettre au point un nouveau traitement...). Réciproquement, la contribution de travaux réalisés dans un autre champ épistémique, tendus vers un autre objectif, n'est pas considérée. Ces analyses manquent donc très certainement *quelque chose* de la logique interne de l'enquête – un quelque chose sans doute crucial pour penser adéquatement la question de son pilotage.

Parallèlement, il apparaît nécessaire de préciser quelque peu le schéma deweyien, afin de rendre compte du caractère perpétuellement renouvelé de la recherche. Il s'agit ainsi de rendre à l'enquête toute sa dynamique. Enfin, un dernier point mérite d'être relevé. Si l'indétermination est parfaitement objective, où placer la *curiosité individuelle*, si chère aux discours pro-autonomie ? Au delà de l'appréciation raisonnée des problèmes à résoudre et des meilleurs moyens pour y parvenir, quel rôle peuvent jouer les intérêts cognitifs personnels du chercheur ? Les deux sections qui suivent vont tenter de montrer que la philosophie de Dewey possède les ressources pour répondre à cette série d'objections. Cela sera l'occasion pour nous de continuer à affiner la conception de la dynamique de la science que nous tentons de mettre sur pied dans cette partie.

III.2.2 La curiosité dans la théorie deweyienne de l'enquête

Si l'indétermination est toujours objective, elle est ressentie subjectivement par les individus agissant au sein d'une situation donnée et donc, en particulier, par les scientifiques confrontés aux résultats d'une expérience. Pour comprendre comment ce sentiment de l'indétermination émerge, Dewey mobilise la notion de « curiosité ». Rappelons que nous avons déjà évoqué ce concept comme central dans les argumentaires pro-autonomie, et souligné l'insuffisance des conceptions standards qui le sous-tendent. L'un des enjeux de notre réflexion sera d'en renouveler le sens, en nous appuyant sur la tradition pragmatiste.

Dans son ouvrage datant de 1910 intitulé *How We Think* et de manière avec cohérente avec

les vues exprimées dans sa *Logic*, Dewey affirme ainsi que « la curiosité émerge des dimensions organiques et sociales et devient intellectuelle à partir du moment où elle est transformée en intérêt pour des problèmes soulevés par l'observation des choses et l'accumulation de matériaux » (Dewey, 1910, p. 32-33). Notons tout d'abord que, conformément à son idée de continuité, Dewey définit la curiosité comme une fonction quasiment biologique, une capacité développée pour assurer l'équilibre entre l'organisme et son environnement. Il la caractérise d'ailleurs, dans cette logique, comme « l'expression d'une énergie organique abondante » (*Ibid.*, p. 31). Dans le cadre spécifique de l'enquête, la curiosité est décrite comme une sorte de moteur nous conduisant à accorder une attention particulière aux problèmes surgissant dans le cours des pratiques que nous développons au sein d'une situation. Elle est donc un instrument qui nous permet de repérer, d'identifier les indéterminations et de chercher à les résoudre. Ainsi, la curiosité accompagne la pratique (en particulier, scientifique), mais ne la guide pas réellement : c'est de l'environnement lui-même, appréhendé à travers « l'observation » et « l'accumulation de matériel », qu'émergent objectivement les problèmes à résoudre, mais encore faut-il un esprit alerte pour les identifier. Dans ce sens, la curiosité apparaît donc plutôt comme une forme de vertu intellectuelle accompagnant l'enquête et rendant possible la prise en main des situations indéterminées. Selon l'interprétation proposée par Brown (2010), l'« esprit curieux » est un outil précieux pour « découvrir les idées douteuses et permettre de préparer l'esprit à la résolution de problèmes » (p. 143). En outre, un esprit résolument curieux ne se contente pas de considérer avec attention la situation actuelle pour détecter des indéterminations éventuelles, mais est également capable de sentir, de prédire quel type de situation pourra être une source éventuelle d'indétermination. Il est donc capable de soulever *activement* des problèmes. Finalement, comme le note Brown (2010), « c'est dans le processus de création de doutes vivants et bien réels que la curiosité donne sa signification aux projets de recherche. Le simple questionnement des choses ne rend pas les questions significatives » (p. 143). En cela, il est possible d'opposer la curiosité produisant « une question posée dans un moment d'ennui et de spéculation, fruit d'une intelligence désœuvrée » et l'outil de stimulation des doutes émergeant « dans le cours d'une activité et qui constituent un obstacle à sa poursuite » (*Id.*). Dans cette perspective, la curiosité joue un rôle effectif dans l'enquête si elle est ancrée dans une pratique concrète, réelle. Elle ne peut motiver la genèse de questions générale en dehors d'une activité déjà engagée. Il existe sans doute une forme de curiosité générale et naturelle, détachée de tout contexte, pour des problèmes englobants, tels que le secret de la vie, ou l'origine de l'Univers. Mais, selon Dewey et l'interprétation que Brown en fournit, ce n'est pas cette forme de curiosité qui conduit l'activité quotidienne des

chercheurs. Pour illustrer cette idée, Brown (2010) se réfère au microbiologiste Salvador Luria (ce dernier ayant confessé un manque de curiosité général à propos des « grandes interrogations autour de la naissance de l'Univers et de la Terre ») : « les question émergeant de cette curiosité naturelle qui serait supposée conduire l'astronomie, la physique, voire la biologie, serait de très peu d'intérêt pour Luria, relativement aux problèmes concrets auxquels sont confrontés les microbiologistes et à propos desquels il est possible de faire des progrès » (p. 139). En d'autres termes, si la curiosité peut guider l'enquête, ce n'est pas en lui fournissant des objectifs nés des intérêts personnels des chercheurs, issus de leur désir abstrait d'explorer l'inconnu. Elle est bien mieux décrite comme la faculté de détecter des situations problématiques dans le cours d'une recherche donnée.

Cette conception pragmatiste de la curiosité comme vertu intellectuelle s'exerçant au sein d'une pratique entre en conflit avec l'utilisation que font de cette notion un grand nombre de discours pro-autonomie. Comme nous l'avons vu dans le chapitre I, ces derniers soutiennent souvent que les chercheurs doivent fixer eux-mêmes les directions de leur enquête en suivant leur « propre curiosité », qui est alors assimilée à leurs intérêts cognitifs personnels. La curiosité nourrirait la recherche en offrant aux scientifiques des objets d'étude qui correspondent à leurs aspirations. Dans la vision proposée par Dewey, qui trouve un écho fort dans la littérature sur la division du travail cognitif, on suit un projet de recherche non par intérêt cognitif, mais parce qu'il est jugé comme le meilleur moyen de résoudre une situation reconnue comme problématique. Cela ne signifie pas qu'une certaine forme de curiosité cognitive pour l'objet en question ne joue aucun rôle, mais qu'il est important de reconnaître l'importance de cette activité de repérage et de résolution de situation indéterminée. En outre, notons que pour Dewey, l'existence de ces indéterminations est objective : leur reconnaissance comme problème n'est pas aussi idiosyncratique que l'intérêt individuel pour une question générale. Dans ce cadre, l'expression « curiosité propre » ancre faussement la curiosité dans un ressenti purement subjectif attachant un individu à un objet précis. Comme alternative à ce discours, les analyses de Dewey et plus largement, la tradition pragmatiste, privilégient la notion d'*esprit curieux*. Ce changement de perspective est particulièrement intéressant pour nous. En effet, si la curiosité doit être lue comme une vertu intellectuelle plutôt que comme un guide pour fixer des objectifs à la recherche, alors elle n'entre absolument pas en conflit avec une restriction de la liberté individuelle du chercheur. Quelle que soit le type de fin poursuivie et la latitude laissée au scientifique pour choisir sa voie, la curiosité peut et doit jouer un rôle pour dynamiser l'enquête, c'est-à-dire, repérer, voire anticiper les situations problématiques. La curiosité pourrait donc, ef-

fectivement, être au centre de la dynamique de la recherche, mais pas au sens où l'entendent les arguments défendant la liberté individuelle du chercheur. Elle ne peut pas servir de critère pour en déterminer les objectifs, mais d'outil pour identifier, collectivement, les problèmes réels, objectifs, auxquels la communauté fait face.

Autrement dit, pour Dewey, la curiosité ne sert en réalité pas à *sortir* d'un programme de recherche donné pour poser de nouveaux objets de recherche, permettant d'élargir le champ du connu. La curiosité ne permet pas d'excéder le cadre fixé par une pratique de recherche, définissant une situation et les indéterminations qui émergent de cette situation. Avant de tenter de clarifier et d'actualiser, dans le chapitre suivant, ces notions de « pratique » et de « situation », il nous semble utile d'illustrer les positions de Dewey à l'aide d'une exemple historique qui, selon nous, illustre parfaitement la logique pragmatiste de l'enquête.

III.2.3 Avery et le phénomène de transformation bactérienne

Les travaux publiés par l'Américain Avery et ses collaborateurs en 1944 (Avery *et al.*, 1944) sont classiquement décrits, aujourd'hui, comme « la première expérience qui, rétrospectivement, démontrait que les gènes étaient formés d'ADN » (Morange, 1994, p. 43). La particularité des résultats d'Avery est que sans avoir été ignorés, il ne furent pas, à l'époque de leur formulation, « réellement compris, ni leur importance reconnue » (*Id.*). Il fallut attendre une expérience similaire, menée huit ans plus tard (Hershey et Chase, 1952), pour que la découverte d'Avery prenne place dans l'histoire de la biologie moléculaire.

Le programme de recherche mené par Avery à l'Institut Rockefeller de New-York portait sur la caractérisation des pneumocoques (les bactéries responsables des pneumonies). Il s'agissait notamment de décrire la structure de la capsid (l'enveloppe) bactérienne, formée de molécules (des sucres et des protéines) contre lesquels réagissent les anticorps chargés par l'organisme de lutter contre l'infection, dans le but d'élaborer des vaccins efficaces. Deux grands types de pneumocoques étaient alors connus : un type *S*, virulent, présentant une capsid et un type *R*, non virulent, ayant perdu la capacité d'en fabriquer une. À partir de 1935, l'étude d'un phénomène particulier, appelé « transformation », monopolisa les efforts d'Avery et son équipe : la co-injection, dans une souris, de pneumocoques *S* préalablement tués et de pneumocoques *R* vivants conduisait à la mort de l'animal. Dans le sang, on retrouvait alors des bactéries de types *S* (Morange, 1994, p. 45). Ainsi, la simple présence de bactéries virulentes, même mortes, induisait la transformation des types *R* en

type *S*. Ce phénomène avait été observé pour la première fois par Griffith, médecin britannique, en 1928. L'objectif d'Avery était alors d'isoler le « facteur transformant », c'est-à-dire la substance responsable de la modification du type de pneumocoque.

L'article de 1944 vint clore dix années d'un délicat travail expérimental. Il démontra de manière convaincante que « le facteur transformant n'était pas une protéine, mais un acide nucléique de type désoxyribonucléique » (*Ibid.*, p. 45). Comme y insiste Morange, l'essentiel de l'article est dédié à la description des méthodes utilisées pour isoler et identifier la nature chimique du facteur transformant. On y trouve ainsi une présentation détaillée du protocole de purification (Avery *et al.*, 1944, p. 138-144), puis d'une batterie de tests visant à caractériser le produit obtenu : propriétés chimiques générales (p. 145), composition élémentaire, effets de différents types d'enzymes (p. 146-149), analyse immunologique (p. 150), étude physique (ultracentrifugation analytique, électrophorèse), quantification de l'activité biologique (p. 151). De manière intéressante, outre ces informations physico-chimiques mettant en évidence que le facteur transformant était constitué exclusivement d'ADN, l'intérêt plus large des résultats obtenus ne sont évoqués ni dans le résumé, ni dans le titre. La discussion ne fait qu'évoquer les liens possibles avec la génétique. Les auteurs y notent ainsi en passant que le phénomène de transformation peut être « interprété d'un point de vue génétique » (p. 155), en liant la substance transformante à un gène et « la capsidite produite comme un produit de ce gène ». Le lien entre le caractère héréditaire de la transformation et l'action des enzymes synthétisant les sucres de la capsides est explicitement évoqué :

Les évènements biochimiques sous-tendant le phénomène suggèrent que le principe transformant interagit avec les cellules *R*, donnant naissance à une série coordonnée de réactions enzymatiques culminant dans la synthèse d'un antigène de type III (...). Il est particulièrement significatif, dans le cas des pneumocoques, que les altérations induites expérimentalement soient corrélées avec le développement d'une structure morphologique et l'acquisition subséquente de nouvelles propriétés antigéniques et invasives. Il n'est pas moins significatif que ces changements soient prévisibles, spécifiques et héréditaires (Avery *et al.*, 1944, p. 154).

Cet accent mis sur les liens possibles entre ces résultats et la question de la transmission des caractères, étudiée en génétique, démontrent qu'Avery et ses collaborateurs avaient clairement en tête l'intérêt possible de leurs travaux en dehors du phénomène de la transformation en lui-même. Ainsi, dès l'introduction, ces derniers sont replacés dans le cadre plus large de l'hérédité :

Les biologistes tentent depuis longtemps d'induire, par des moyens chimiques, des changements prévisibles et spécifiques qui pourraient être transmis comme des caractères héréditaires. Parmi les microorganismes, la transformation des pneumo-

coques est le cas le plus frappant d'altérations spécifiques et héritables dans les structures et les fonctions cellulaires pouvant être expérimentalement induites et reproductibles sous des conditions bien définies (Avery *et al.*, 1944, p. 137).

Rétrospectivement, la mise en évidence de la nature du principe transformant était un pas important dans les progrès de la biologie moléculaire naissante. Il était accepté à l'époque que le porteur de l'information génétique était un mélange d'ADN et de protéines (Morange, 1994). Le résultat d'Avery démontrait de manière convaincante que *seul l'ADN* était susceptible de porter des caractères héritables. En particulier, il suggérait que les gènes contrôlaient les enzymes, sans être eux-mêmes de nature protéique. Or, comme classiquement souligné par les historiens des sciences, « la découverte d'Avery n'a pas eu d'impact » (Morange, 1994, p. 46) – ou en tout cas, pas l'impact que l'on aurait pu s'attendre à observer en retraçant les développements de la biologie moléculaire. La réception des travaux d'Avery au sein des groupes de recherche potentiellement intéressés par ces résultats (en particulier, les généticiens) a été minutieusement étudiée par Wyatt (1972). Les généticiens, notamment Beadle et Tatum, « n'ont pas été grandement influencés par la nouvelle », qu'ils connaissaient pourtant (Wyatt, 1972, p. 87). Les congrès portant sur l'hérédité (notamment, le symposium de 1946 à Cold Spring Harbor) n'ont pas fait grand cas de la découverte d'Avery. Celle-ci n'était cependant pas ignorée. Wyatt note même que, paradoxalement, les généticiens reconnaissaient son importance biologique, comme en témoignent ces lignes rédigées par Beadle en 1948 dans un journal de vulgarisation scientifique : « la transformation des pneumocoques, guidée par des polymères d'acides nucléiques, représente sans doute le premier succès dans la transmission déterminée des gènes » (p. 89). Ce qui pose finalement question aux historiens des sciences, c'est le fait que malgré son importance théorique, cette découverte n'a absolument pas modifié les programmes de recherche existant, que ce soit celui des généticiens américains, ou, de manière plus surprenante encore, celui d'Avery lui-même.

D'une part en effet, « ces expériences étaient connues des généticiens, mais regardées comme des curiosités plutôt que comme faisant partie de la génétique dominante (*mainstream genetics*). Les généticiens ne pensaient pas que les acides désoxyribonucléiques étaient très importants pour l'hérédité » (Wyatt, 1972, p. 86). Au niveau technique également, les travaux d'Avery étaient peu susceptibles d'intéresser les généticiens : « pour les généticiens classiques, la transformation n'était pas un phénomène pouvant être utilisé dans leur expériences : il était donc difficile pour eux de l'intégrer dans leurs idées » (p. 87). Les résultats d'Avery, bien que reconnus comme importants

d'un point de vue des connaissances fondamentales, ne concordaient pas assez avec le programme de recherche formulé par les généticiens américains pour être pris en considération comme la première pierre d'une nouvelle voie de recherche. Les généticiens restèrent focalisés sur leur objet : l'étude de la transmission des caractères.

D'autre part, Avery n'a pas non plus insisté sur l'importance biologique de son résultat. Comme nous l'avons vu, sa publication se concentre sur les aspects techniques de la purification et sur le phénomène de transformation chez les pneumocoques. Cela ne signifie cependant pas qu'il n'avait pas conscience de l'impact potentiel de son travail sur la génétique : la lecture de sa publication de 1944 le montre sans ambiguïté. Wyatt rappelle également que les nombreuses lettres échangées avec ses collaborateurs montrent qu'il connaissait « les implications de sa découverte » (p. 87). En particulier, il savait que son travail pouvait être valorisé comme « l'isolement d'un gène pur sous la forme d'un acide désoxyribonucléique » (p. 87). D'où cette remarque fort juste de Wyatt : « quoiqu'ait pensé Avery de son travail, il a fait en sorte qu'il ne soit trouvé, vu et lu que par ceux intéressés par les pneumocoques et non par les généticiens » (*Id.*). Là encore, le programme de recherche d'Avery (l'étude des caractéristiques pathologiques des pneumocoques) n'a pas intégré une visée trop distincte de celle qu'il s'était fixé au départ. Cette dynamique est confirmée dans les suites qu'il donna à sa découverte :

Avery lui-même ne mena pas son travail avec toute l'énergie souhaitée. Il s'en détourna de 1937 à 1940, en entraînant avec lui certains de ses collaborateurs. Nicholas Russel a même avancé l'hypothèse que c'est à cause de (ou grâce à) la découverte des sulfamides, qui rendant vaines les recherches antérieures d'Avery visant à produire un vaccin contre les pneumocoques, qu'il réserva, pendant ses dernières années d'activité, la totalité de son temps à l'étude du facteur transformant. Invité en 1946 au congrès de Cold Spring Harbor à parler de son travail, Avery consacra sa conférence à la mise au point du milieu nécessaire à la transformation des pneumocoques et ne mentionna qu'au passage son travail de 1944 sur la nature chimique du facteur transformant. Avery, par sa formation et son tempérament personnel, était plus porté à résoudre des problèmes précis qu'à définir des programmes de recherche à long terme (Morange, 1994, p. 53).

Ce manque d'intérêt vis-à-vis des conséquences de la découverte d'Avery dans le champ de la génétique a pu être expliqué par un certain nombre de difficultés intellectuelles et techniques. Ainsi, Morange insiste-t-il sur la prééminence, dans les années 40, du modèle protéique du gène (p. 48). Corrélativement, la molécule d'ADN était mal connue et ne suscitait que peu d'intérêt. En outre, le modèle du pneumocoque était peu utilisé dans les autres spécialités et le principe de transformation difficile à mettre en évidence avec d'autres organismes (p. 51). Enfin, les difficultés expérimentales

rencontrées par Avery pour isoler le principe transformant ont également pu le détourner d'une voie de recherche potentiellement peu stratégique en termes de productivité scientifique (McCarty, 1985, p. 96-100). Cependant, il nous semble possible de fournir une autre interprétation (pas forcément incompatible avec les précédentes) en termes de dynamique interne de l'enquête. Il est en effet frappant de constater la force exercée par les programmes de recherche prédéfinis sur les directions prises tout autant par le groupe d'Avery que par les généticiens classiques. Rétrospectivement, la focalisation d'Avery sur « la mise au point du milieu nécessaire à la transformation des pneumocoques » paraît scientifiquement peu pertinente, au regard du caractère prometteur de sa découverte (le possible isolement d'un gène). Il faut cependant garder à l'esprit qu'en développant ce type de travaux, il ne faisait que poursuivre la résolution du problème qu'il avait posé au départ : celui-ci portait sur le phénomène de transformation en lui-même et pas sur la structure de l'information génétique. N'oublions pas que la transformation était avant tout « un phénomène particulier, d'intérêt médical, limité aux pneumocoques » (Morange, 1994, p. 51). Plus précisément, son objectif principal était la mise au point d'un vaccin contre les infections à pneumocoques. Comme le suggère Russel (1988), l'étude précise du phénomène de transformation était elle-même secondaire par rapport à cet objectif : la découverte d'un autre traitement, utilisant les sulfamides, a libéré du temps pour développer ce programme de recherche. Ce dernier, centré sur le phénomène de transformation en lui-même, ne considérait pas la relation de l'ADN aux sucres de la capside comme un problème à résoudre. D'ailleurs, dans la discussion de l'article de 1944, les pistes envisagées pour la poursuite du travail ne concernent pas l'étude approfondie de la nature du facteur transformant, mais l'étude expérimentale du phénomène lui-même :

De nombreuses phases du problème de la transformation requièrent des études plus approfondies et beaucoup de questions restent sans réponses en raison des difficultés techniques. Par exemple, il pourrait être intéressant de connaître la relation entre le taux de réaction et la concentration de la substance transformante et la proportion de cellules non affectées. Cependant, d'un point de vue bactériologique, les estimations numériques basées sur le comptage des colonies pourraient s'avérer trompeuses, à cause de l'agrégation et de la sédimentation des cellules *R*. Les tentatives d'induction de la transformation dans des suspensions de cellules sous des conditions inhibant la croissance se sont avérées infructueuses (Avery *et al.*, 1944, p. 153-154).

Ces considérations techniques sur la production expérimentale de la transformation indiquent clairement que les priorités d'Avery et son équipe n'ont pas été modifiées par la découverte de la nature chimique du facteur responsable. Encore une fois, cette orientation n'est pas liée à la non

reconnaissance de l'importance du résultat obtenu. Avery a de toute évidence conscience d'avoir potentiellement isolé un gène et que ce gène, constitué d'ADN, contrôle « une série de réactions enzymatiques culminant dans la synthèse de l'antigène de type III présent sur la capsid » (Avery *et al.*, 1944, p. 154). Selon nous, l'idée selon laquelle les connaissances n'étaient tout simplement pas suffisantes pour faire fructifier cette découverte n'est pas entièrement satisfaisante. Si la recherche de la nature chimique précise du porteur de l'information génétique avait été un problème considéré comme important à résoudre par Avery d'une part et par les généticiens d'autre part, rien ne leur aurait interdit d'insister plus qu'ils ne l'ont fait sur les résultats obtenus, voire d'ouvrir un nouveau programme de recherche tourné sur l'étude de l'ADN. La meilleure preuve en est l'existence de tels programmes de recherche, à la même période, au sein d'autres groupes de recherche et notamment le « groupe du bactériophage ».

L'entrée des bactériophages (virus infectant spécifiquement les bactéries) dans la classe des objets modèles pour la biologie date de 1915. Leur découverte par Félix d'Hérelle à l'Institut Pasteur « avait suscité un immense espoir thérapeutique : il devait être possible de combattre les agents pathogènes bactériens avec des bactériophages spécifiques » (Morange, 1994, p. 199). Le phage devait par la suite être adopté comme modèle expérimental par un ensemble de chercheurs qui « entre 1940 et 1960, utilisèrent les virus bactériens (...) comme système pour étudier le fonctionnement des êtres vivants » (*Ibid.*, p. 55). L'histoire de ce « groupe du phage », dominée par la figure du physicien Max Delbrück, est bien documentée¹⁰⁵. Nous n'entrerons pas, pour le moment, dans le détail des motivations guidant les recherches de ce groupe. Retenons simplement que leur objectif principal était d'étudier, avec une perspective de physicien, le phénomène d'auto-réplication caractéristique du vivant à partir d'un modèle simple, le phage, ne contenant que de l'ADN et des protéines. Ce problème, associé au phénomène de lysogénie (résistance de certaines bactéries à leur lyse par le virus) rendait pertinente la question des mécanismes de la réplication du virus. L'hypothèse posée par Hershey et Chase (1952) était que l'ADN et non les protéines du virus, était porteur de l'information génétique nécessaire à la naissance de nouveaux virus. La série d'expériences célèbres qu'ils menèrent pour en bâtir une démonstration ont permis l'attribution à « Hershey et Chase [de] la découverte du rôle génétique de l'ADN. Seules les protestations des collègues d'Avery firent réintro-

¹⁰⁵On pourra se référer notamment à l'article classique de Mullins (1972) et aux pages de Morange (1994) consacrées à cette question (p. 54-68).

duire son expérience au panthéon de la biologie moléculaire » (Morange, 1994, p. 66). Contrairement aux résultats d'Avery, ceux d'Hershey et Chase « furent très vite acceptés » et participèrent à l'ouverture d'une nouvelle voie de recherche centrée sur l'étude de l'ADN, auquel est également associée la découverte de la structure en double hélice par Watson et Crick. Comment expliquer cette disparité de traitement ? Pour Morange, la différence tient notamment au fait que « Avery avait apporté un résultat inattendu et répondu à une question que personne ne se posait : la nature du matériel héréditaire. Hershey et Chase posaient, eux, une question très simple. Etant donné que le bactériophage était formé de deux constituants seulement, ADN et protéines, lequel était important pour la reproduction ? » (p. 68). En d'autres termes, si les résultats convainquirent « l'ensemble de la communauté scientifique », c'est tout simplement qu'ils répondaient à une question jugée, à ce moment, importante¹⁰⁶. Le problème d'Avery et celui de sa communauté en 1944, était le phénomène de transformation ; celui de Hershey et de sa communauté, en 1952, était la nature chimique du porteur de l'information génétique. Ils s'inscrivaient dans un programme de recherche explicitement orienté dans cette direction.

Il nous semble donc nécessaire de faire appel, plus profondément, à une certaine logique interne de l'enquête pour rendre compte des apparents paradoxes entourant la réception des travaux d'Avery et plus largement, des avancées de la génétique dans la première moitié du XX^e siècle. Le fait que les impacts biologiques des travaux d'Avery aient été laissés de côté en 1944 n'a de toute évidence pas été le fruit d'une centralisation autoritaire appauvrissant l'enquête en rendant impossible sa réorientation. Nous pensons donc qu'il y a là matière à réflexion sur la nature même du processus d'enquête. Pour Morange, la focalisation d'Avery sur les questions techniques liées au phénomène de transformation est due à « son tempérament personnel (...) plus porté à résoudre des problèmes précis qu'à définir des programmes de recherche à long terme » (p. 53). Cette phrase représente bien le malaise que peut constituer, pour l'historien des sciences, un comportement comme celui d'Avery. Plus largement, il rentre en conflit avec l'image du scientifique explorant l'inconnu, ou « explor[ant] l'ombre, guidé par la curiosité de découvrir les richesses qu'elle contient » (Jesus, 2017, p. 28), pour reprendre certains leitmotifs des discours pro-autonomie évoqués dans le chapitre précédent. Si l'on voulait être provocateur, on pourrait retourner la métaphore de Jesus et souligner que finalement,

¹⁰⁶Morange note, de manière intéressante, qu'en eux-mêmes les résultats de Hershey et Chase n'étaient pas plus convaincants que ceux d'Avery et ses collaborateurs. C'est donc uniquement le contexte épistémologique qui les a rendu significatifs (*Ibid.*, p. 68).

Avery, mais également les généticiens américains héritiers de Morgan, sont bien plus proches de « l'homme qui cherche ses clés sous le réverbère parce que c'est la seule zone éclairée » (*Id.*). Or, rien n'indique de manière probante que ces groupes de recherche étaient sous la pression d'une instance finalisatrice réduisant leur liberté de recherche au strict minimum. À l'inverse, il semble bien que les scientifiques aient tout simplement décidé de suivre les problèmes qui ne s'écartaient pas trop de la lignée des programmes qu'ils s'étaient fixés. En particulier, la question de la nature précise du support de l'information génétique ne leur apparaissait pas un problème *authentique* à résoudre. Dans ce contexte, notre hypothèse est que l'épisode détaillé ici ne doit pas être évoqué simplement comme le résultat contingent d'un « tempérament » particulier, mais comme l'illustration de la dynamique propre de l'enquête, par essence plus encline « à résoudre des problèmes précis qu'à définir des programmes de recherche à long terme ». Finalement, une certaine forme de conservatisme, souvent associée à l'existence d'un contrôle externe, serait donc inhérente à l'enquête elle-même.

Ainsi, dans son histoire de la biologie moléculaire, Morange relève plusieurs exemples de ce qu'il appelle des « découvertes post-matures¹⁰⁷ ». Cette notion a été introduite initialement par les biologistes Zuckermann et Lederberg (Zuckerman et Lederberg, 1986). Une découverte « post-mature » est alors une découverte qui « aurait dû intervenir plus tôt » (Morange, 1994, p. 31) compte tenu de l'état des connaissances scientifiques. Cette notion traduit donc l'idée d'un certain décalage entre la manière dont les progrès scientifiques sont reconstruits de manière rétrospective et la dynamique réelle de l'enquête. Bien entendu, de nombreux facteurs institutionnels et sociologiques peuvent être, dans chaque cas, mobilisés pour rendre compte de cette forme de retard épistémique. Cependant, il nous semble que la perspective pragmatiste offre un point de vue original sur ce genre de cas. Dans un cadre deweyien, il apparaît que toute reconstruction intellectuelle des avancées de la science risque de faire fausse route si elle ne considère que l'histoire des idées, des concepts. L'histoire des sciences serait bien plutôt, pour Dewey, une histoire des pratiques : ses orientations ne sont pas guidées par la genèse de problèmes spéculatifs, qui seraient formulés au terme d'une analyse de l'état des savoirs détachée des pratiques existantes, mais contraintes par la « situation » – notion dont il faudra préciser les contours. La surprise de Morange, ou de Wyatt, face à la « post-

¹⁰⁷Morange mobilise notamment cette notion dans le cas, que nous détaillerons dans la partie 3 (chapitre VI), des travaux de Beadle sur *Neurospora*. Nous reviendrons dans le chapitre IV sur cette notion de post-maturité.

maturité » procède d'une compréhension inadéquate des moteurs réels de la recherche, biaisée par un point de vue trop *théorique* sur la dynamique de la science. Le conservatisme des généticiens face à la découverte d'Avery (c'est-à-dire leur refus de sortir des programmes de recherche qu'ils s'étaient fixés) n'a pas de sens si l'on considère que le champ scientifique est avant tout guidé par le désir d'explorer l'inconnu pour lui-même.

En revanche, la logique deweyenne semble tout à fait apte à décrire des épisodes historiques comme la découverte d'Avery, où les chercheurs font preuve, justement, d'un singulier manque de curiosité pour l'exploration de l'inconnu. Il est nécessaire ici, pour prolonger cette idée, de retravailler et d'affiner les notions de *pratique scientifique* et de *situation*. Le prochain chapitre sera dédié à cette analyse. Avant cela, il nous semble utile de formaliser d'emblée quelques remarques permettant de situer l'apport pragmatiste par rapport à d'autres modèles du développement scientifique mettant eux-aussi en valeur une forme de conservatisme du champ scientifique.

III.2.4 Quelles différences avec les modèles classiques du développement scientifique ?

Relevons tout d'abord un point que nous approfondirons dans le chapitre suivant : l'importance accordée par la tradition pragmatiste en générale, et par Dewey en particulier, à la notion de *pratique* pour rendre compte de la logique de l'enquête en a fait l'une des sources de ce que l'on a pu appeler le *practical turn*, ou le *practical trend* en philosophie des sciences (Soler, 2014). Sans entrer ici dans le détail de ses origines et de ses manifestations contemporaines, notons que ce mouvement est généralement associé à deux lignes d'attaque contre une philosophie des sciences qualifiée de traditionnelle :

I-Beaucoup de philosophes ne sont pas concernés par ce que les scientifiques font effectivement et confondent les reconstructions rationnelles qu'opèrent les scientifiques de leur travail avec ce que ces derniers font réellement. II-Les philosophes étudient les sciences du point de vue des théories, de la vérité, des propositions, ou des représentations du monde et sous-estiment ainsi l'expérimentation, l'intervention et la transformation technique du monde (Nordmann, 2015).

Bien entendu, comme souvent face à ce type d'accusation, il est délicat d'en identifier la cible exacte. Corrélativement, il est périlleux de tenter de dater précisément l'irruption de ce tournant pratique au sein de la philosophie des sciences. On peut cependant, avec prudence et en suivant la recension récente de Soler (2014), identifier deux courants prenant racines dans les années 80 et pou-

vant servir de point de référence pour caractériser ce *practical turn*¹⁰⁸. Le premier est à rattacher au programme fort de la sociologie des sciences, initié par l'école d'Édimbourg. Ainsi, les études menées par Barnes, Bloor, Shapin avaient pour objectif de caractériser « les connexions causales entre le contenu du savoir scientifique et des variables sociologiques, comme les intérêts des groupes observés » (p. 5). Leur objectif explicite était alors d'opérer un mouvement depuis la science comme savoir vers la science comme pratique (sociale), en appliquant des méthodologies ethnographiques. Le second mouvement vient plus directement de la philosophie des sciences et s'est ouvert notamment avec le « nouvel expérimentalisme ». Sous cette appellation, on trouve un certain nombre d'auteurs (comme Ian Hacking, Peter Galison, Nancy Cartwright) ayant revendiqué la nécessité de porter un regard renouvelé sur les pratiques expérimentales. Le classique *Representing and intervening* de Hacking (1983) a très clairement formalisé le programme ouvert par ce *practical turn* (Woody, 2014). En peu de mot, il s'agissait alors de reconnaître que l'expérience « a une existence propre » (Hacking, 1983, p. x). Une existence propre, c'est-à-dire une logique et une fonction indépendante de celles que lui assignait une certaine conception traditionnelle du lien entre théorie et expérience, faisant de la seconde un lieu de test et de justification pour la première. Contre une lecture de l'expérimentation trop centrée sur son rôle pour l'élaboration et la confirmation des théories, les pratiques expérimentales ont dès lors été explorées comme un ensemble d'activités autonomes, mues par des dynamiques qui leur sont propres : « tester les instruments, éliminer les facteurs exogènes, quantifier la précision de la mesure, distinguer les effets réels des artefacts, estimer l'effet des facteurs d'arrière-plan » (Soler, 2014, p. 8, citant Mayo, 1994, p. 271). Ce faisant, comme le montrent notamment Woody (2014) et Nordmann (2015), le « nouvel expérimentalisme » a entretenu une rupture nette entre la théorie, conçue comme un ensemble de propositions et de concepts et les pratiques expérimentales, restituées dans un processus de recherche. Nous nous pencherons, dans le chapitre suivant, sur la possibilité d'intégrer les aspects les plus conceptuels de l'activité scientifique dans le champ des pratiques. Avant cela, revenons un instant sur les caractéristiques les plus immédiates du type particulier de conservatisme que nous avons pu mettre en évidence à partir de l'analyse deweyenne de la logique de l'enquête.

¹⁰⁸ Il est possible d'inscrire ce *practical turn* dans un cadre plus vaste, à la fois temporellement et disciplinairement. Il est ainsi commun de noter sa filiation avec les travaux de Wittgenstein et d'Heidegger, ainsi qu'avec les traditions pragmatistes et marxistes (Stern, 2003). D'autre part, si nous traitons ici essentiellement de ses ramifications en histoire et philosophie des sciences, la notion de pratique s'est parallèlement placée au centre de nombreuses autres disciplines, comme la sociologie, l'anthropologie, l'ethnologie.

Comme nous l'avons illustré avec l'exemple d'Avery, la lecture pragmatiste de la dynamique de la science prévoit l'existence d'une forme de conservatisme inhérent au processus de recherche. Ce conservatisme se caractérise, de manière très générale, comme une tendance des scientifiques à conserver l'orientation initiale de leur programme de recherche¹⁰⁹. Cette idée n'est pas sans lien avec les modèles classiques de la dynamique du changement scientifique proposés par Kuhn (1962), Lakatos (1978), Laudan (1977) ou Toulmin (1972). Plus généralement, la conception de la science comme résolution de problème (*problem-solving*), que l'on retrouve chez Dewey, converge avec ces lectures historicistes, évolutives de la rationalité et du développement scientifique (Nickels, 2017). De manière bien connue, l'objectif de ces travaux fondateurs était de capturer certains aspects de la dynamique temporelle des sciences en proposant des modèles d'évolution des « paradigmes », « programmes de recherche » ou « traditions de recherche »¹¹⁰. Comme le note Nickels (2017), leur but était ainsi avant tout « d'insister sur la profondeur des changements historiques majeurs et sur les défis qui en résultent pour l'idée d'un progrès scientifique cumulatif ». Nous ne rentrerons pas dans le détail de tous ces schémas classiques ; il nous semble cependant intéressant d'évaluer l'apport de la perspective pragmatiste sur la question du conservatisme, en prenant comme point de comparaison (parmi d'autres possibles) la description kuhnienne de la tension entre « tradition » et « innovation » dans la recherche scientifique (Kuhn, 1977a).

Chez Kuhn, cette tension s'exprime classiquement au travers des concepts de *paradigme* et d'*incommensurabilité*, dont la signification est notoirement floue et évolutive dans les différentes contributions de Kuhn (Masterman, 1970 ; Sankey, 1993). D'une part, de l'aveu même de Kuhn, les critiques de sa *Structure of Scientific Revolutions* ont « unanimement souligné le grand nombre de sens dans lesquels le terme de paradigmes a été utilisé » (Kuhn, 1977d, p. 294). Il rappelle ainsi que l'une des recensions les plus complètes des usages de ce terme, due à Margaret Masterman, note l'existence de vingt-deux sens distincts (Masterman, 1970), depuis « une réalisation scientifique concrète » (*Ibid.*, p. 11) jusqu'à « un ensemble de croyances et de pré-conceptions » (*Ibid.*, p. 17). Dans ce dernier sens, sans doute le plus général, Kuhn précise qu'il faut prendre en compte, dans ces pré-conceptions, à la fois les « engagements (*commitments*) instrumentaux, théoriques et

¹⁰⁹Nous donnerons une caractérisation plus précise de ce *conservatisme pratique* dans le chapitre suivant, comme résultat d'un mécanisme de stabilisation des pratiques.

¹¹⁰Des tableaux comparatifs de ces conceptions classiques du développement scientifique sont exposés (entre autres) dans McGuire (1992), Zammito (2004), Nickels (2017).

métaphysiques » (Kuhn, 1977d, p. 294). Rappelons également que l'exploitation et l'approfondissement d'un paradigme donné caractérise les périodes de science dite « normale ».

D'autre part, en ce qui concerne la notion d'incommensurabilité, il est courant de constater également des variations temporelles dans l'usage qu'en fait Kuhn. Ainsi, comme le note Sankey (1993), « originellement, l'incommensurabilité désignait une disparité conceptuelle, méthodologique, et observationnelle, entre des paradigmes. Plus tard, Kuhn a restreint cette notion et l'a assimilé à une indétermination de la traduction » (p. 759). Cette seconde étape dans l'analyse du concept d'incommensurabilité est notamment explicitée dans un article publié par Kuhn en 1982, et intitulé « Commensurability, Comparability, Communicability » (Kuhn, 1982). Il s'y base notamment sur les travaux de Quine pour faire de l'incommensurabilité un problème de communication :

Les porteurs de théories incommensurables sont incapables de communiquer, et il ne peut y avoir de recours à des expériences neutres ou à des standards objectifs pour trancher entre deux théories. Dans son effort pour clarifier sa position, Kuhn a restreint cette notion à des différences sémantiques, et l'a assimilé à l'indétermination de la traduction chez Quine (Sankey, 1993, p. 760).

Cette insistance sur l'incommensurabilité de la signification des concepts se retrouve dans la *Structure des Révolutions Scientifiques* ainsi que dans ses écrits plus tardifs, notamment à travers l'exemple classique de la transition de la mécanique classique à la mécanique newtonienne. Kuhn y note en effet que les référents physiques des concepts utilisés par Einstein « ne sont en aucun cas identiques à ceux utilisés par Newton, et portant le même nom » (Kuhn, 1977b, p. 233). Cette question de l'incommensurabilité des théories et des paradigmes a fait couler beaucoup d'encre, et notre objectif n'est évidemment pas ici d'en faire le tour. Ce qui nous intéresse en revanche, c'est la manière dont ce concept, ainsi que celui de paradigme, peuvent être utilisés et ont été utilisés par Kuhn pour décrire la tension entre « tradition » et « innovation », conservatisme et émergence de la nouveauté dans le développement scientifique. Ce point est développé en détail dans son *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change* (Kuhn, 1977c). Kuhn y affirme que la cible principale de ses travaux est l'image répandue selon laquelle « le scientifique doit (...) autoriser son imagination à jouer avec les alternatives les plus improbables et (...) [qu'il doit] avoir la liberté d'aller dans différentes directions (...) en rejetant les anciennes solutions et en ouvrant de nouveaux chemins » (Kuhn, 1977b, p. 226). Pour Kuhn au contraire, si « des divergences [de pensée] sont toujours présentes dans le travail scientifique, et [si] de grandes divergences fondent

les plus importants épisodes du développement scientifique », il faut reconnaître que « quelque chose comme une pensée convergente est tout aussi essentielle aux avancées de la science » (*Id.*). Il précise ce point en notant que « [son] expérience de recherche et sa lecture de l'histoire des sciences l'ont conduit à se demander si la flexibilité et l'ouverture d'esprit n'ont pas été trop mises en avant comme les seules qualités requises pour la recherche scientifique » (*Id.*). Autrement dit, l'adhésion à des cadres conventionnels, ou à des « paradigmes » (quel que soit le sens que l'on donne à ce terme), est tout aussi importante que la capacité à en sortir. Il y a donc, pour Kuhn, une « tension essentielle » entre la *divergence* et la *convergence* qui caractérise toute dynamique de recherche. Bien entendu, les moments les plus extrêmes de divergence correspondent aux moments des « révolutions scientifiques », où « la communauté scientifique abandonne sa manière traditionnelle de regarder le monde » et qui mène à un « réarrangement des outils intellectuels et pratiques qu'elle utilisait auparavant » et à « un rejet de plusieurs éléments de ses croyances et pratiques antérieures » (*Ibid.*, p. 227). Ces moments révolutionnaires viennent interrompre des périodes de science normale. Comment se manifeste, très concrètement, cette tension entre science normale et survenue des crises dans l'histoire des sciences ? De manière bien connue, Kuhn décrit les changements de paradigme comme un phénomène strictement *interne* au champ scientifique (il n'y a pas chez Kuhn d'influence du social dans l'orientation de la recherche), motivé par l'accumulation d'anomalies venant affecter la fécondité d'une théorie – sa capacité à poser et à résoudre de nouveaux problèmes et/ou à expliquer de nouveaux faits (Schindler, 2017). Le point central de la pensée de Kuhn, où celle-ci diverge avec la valorisation classique de « l'ouverture d'esprit » et de la « flexibilité », est l'insistance sur la *résistance* des scientifiques à prendre en compte ces anomalies pour bâtir un nouvel « ensemble d'engagements théoriques et pratiques » (Kuhn, 1977d, p. 235) – un nouveau paradigme. Comme il le dit de manière explicite : « la poursuite d'une anomalie est *fructueuse* seulement si elle est *plus que non triviale*. Quand une telle anomalie est découverte, le premier effort des scientifiques (...) est de tenter de la généraliser, d'en découvrir d'autres manifestation, de donner sa structure en examinant ses interactions avec des phénomènes qu'ils pensent encore comprendre. *Très peu d'anomalies* sont susceptibles d'être sujettes à ce genre de traitement. Pour l'être, elles doivent être en conflit explicite et non équivoque avec un élément structurel central des croyances scientifiques » (*Ibid.*, p. 236, *nous soulignons*). Si les anomalies doivent être « plus que non triviales », c'est qu'il existe une force conservatrice exercée par la « tradition » qui minimise leur impact sur la dynamique de la recherche. En conséquence, « en science fondamentale (...), les problèmes caractéristiques sont presque toujours des répétitions, avec des modifications mineures, de problèmes qui ont été formulés et partiellement

résolus par le passé » (*Ibid.*, p. 233). Autrement dit, il existe des contraintes fortes sur le « type de problèmes que les scientifiques peuvent formuler, et la variété des techniques disponibles pour les résoudre » (*Ibid.*, p. 229). Ces contraintes sont assimilées par Kuhn au poids *conservateur* de la tradition ; ainsi, la « science normale est conservatrice et fermée » (Nickels, 2017).

Le changement ne peut alors s'opérer que lorsque « du point de vue des scientifiques créatifs, l'ancien paradigme a épuisé ses ressources, alors que des idées ou pratiques radicalement neuves peuvent non seulement résoudre de nouvelles anomalies, mais peuvent également ouvrir de nouveaux champs de recherche » (*Ibid.*). La créativité scientifique ne consiste donc pas à multiplier en permanence les objets et questions de recherche, mais à « reconnaître les troubles lorsqu'ils existent » (Kuhn, 1977d, p. 236). Or, si l'on suit Kuhn à la lettre, un « trouble » n'existe pas tant qu'il ne met pas réellement en péril la fécondité épistémique du paradigme ou de la théorie prédominante – puisqu'il ne suffit pas à une anomalie d'être non triviale pour être prise sérieusement en compte.

Quel lien peut-on faire entre cette forme de conservatisme et celle que nous avons déduite de la logique deweyenne ? Dans les deux cas, la thèse maîtresse pose qu'il existe des mécanismes de régulation internes au champ scientifique des types de problèmes méritant d'être posés et résolus par une communauté donnée. Il nous semble cependant – telle est la thèse que nous cherchons ici à défendre – que la perspective pragmatiste offre une conception plus large des sources du conservatisme en science, et englobe en particulier le conservatisme *à la* Kuhn (ainsi, comme nous le suggérerons, que celui de Lakatos).

Bien que la notion de paradigme doive être prise avec précaution, en raison des définitions multiples dont elle a été l'objet, son sens général désigne l'ensemble des concepts, théories, hypothèses, manipulations, techniques utilisées explicitement ou implicitement par une communauté donnée. Cependant, malgré cette présence conjointe d'éléments cognitifs et pratiques, opératoires, la manière dont Kuhn conçoit la dynamique de la science peut être décrite comme *centrée sur la théorie*. Si un paradigme inclut bien un ensemble de techniques, de pratiques expérimentales, ces dernières sont avant tout pensées comme des moyens pour répondre à des problèmes théoriques. Elles sont donc dépendantes d'un cadre conceptuel ; réciproquement, les changements sont avant tout (dans le sens de : en premier lieu) des changements intellectuels, touchant les dimensions les plus représentationnelles d'un paradigme. Plusieurs arguments peuvent être proposés à l'appui de cette idée.

Tout d'abord, comme nous l'avons noté dans le chapitre I, la fécondité épistémique est pensée

chez Kuhn sur le mode de l'adéquation empirique des théories (Schindler, 2017). Réciproquement, les activités expérimentales ont comme unique objectif de servir une théorie, c'est-à-dire de lui fournir les outils nécessaires à sa justification, à son perfectionnement, à son application à différents objets. Ainsi que le note Nordmann (2015), les travaux de Kuhn visent, comme toutes les « reconstructions rationnelles » du développement des sciences proposées dans les années 60-80, à « expliquer les pratiques de formulations et de justification des hypothèses ». On retrouve ici la critique classique formulée dans le cadre du *practical turn* contre les lectures trop intellectualistes de l'histoire des sciences (comme celle de Kuhn) : les pratiques expérimentales ont une vie propre, obéissent à leurs propres règles évolutives, et rythment l'évolution de la recherche tout autant que les concepts et théories.

Deuxièmement, la source du changement chez Kuhn est l'accumulation d'anomalies. Ces anomalies sont très clairement d'ordre théorique, c'est-à-dire qu'elles entrent en conflit avec un ensemble de connaissances articulées. C'est ce conflit qui détermine l'intérêt de l'anomalie, soit sa capacité à motiver l'ouverture d'une nouvelle voie de recherche – donc, d'un changement au sein du paradigme dominant. Or, et nous détaillerons ce point dans le chapitre suivant, il est possible de soutenir que bien souvent, c'est bien plus l'amélioration de la capacité d'intervention sur le réel que celle de notre compréhension théorique du monde naturel qui conditionne l'adoption de nouveaux outils et de nouvelles méthodes (Waters, 2014). Dans tous les cas, la focalisation sur les théories (leur fécondité et/ou leurs insuffisances) comme moteur du changement est une hypothèse forte, qui n'a rien d'évident.

Enfin, la notion d'incommensurabilité insiste sur le fait que ce changement affecte en premier lieu les réseaux conceptuels structurant une certaine *représentation* du monde caractéristique d'un paradigme donné. L'évolution de la signification de ce concept est, sur ce point, très parlante. Si l'incommensurabilité désignait, au départ, « une disparité méthodologique, observationnelle et conceptuelle » (Sankey, 1993), le tournant sémantique pris par Kuhn au début des années 1980 (e.g. Kuhn, 1982) intellectualise fortement cette notion. En effet, ce sont alors les concepts, et donc les théories en tant qu'ensemble de propositions, qui deviennent incommensurables. Réciproquement, les paradigmes deviennent des réseaux de concepts fondant une certaine « vision du monde ». L'accent est donc mis sur la science comme représentation, plus que sur les pratiques qu'elle développe.

Ces remarques sont importantes, car elles permettent de préciser la nature des contraintes qui, selon Kuhn, pèsent sur la formulation des problèmes à résoudre. Ces contraintes semblent avant tout

pensées comme théoriques, c'est-à-dire liées à un ensemble de concepts et de propositions décrivant la structure du réel et les lois qui le régissent. C'est une certaine *représentation* du monde qui guide les chercheurs dans leur appréciation de l'intérêt d'un problème. Nous proposons donc de qualifier le conservatisme à la Kuhn de conservatisme *représentationnel*. Cette lecture particulière de la tension entre tradition et innovation dans le développement des sciences se retrouve chez d'autres auteurs contemporains de Kuhn, en particulier Lakatos. Nous n'analyserons pas en détail ici la teneur des thèses de Lakatos, mais rappelons que de manière bien connue, ses « programmes de recherche » sont définis par « une série de théories qui sont rationnellement connectées » (Nickels, 2017). Le cœur, le noyau dur de ces programmes sont des concepts, des lois. Comme chez Kuhn, leur fécondité est jugée à l'aune de leur capacité à faire des prédictions confirmées. La « ceinture protectrice » érigée autour du « noyau dur » d'un programme de recherche est dès lors censée protéger les principes inviolables qui en forment la charpente (Lakatos, 1970, 1978). Là aussi, le poids conservateur de la tradition opère donc principalement à travers des réseaux de concepts et de propositions décrivant la nature du réel et les lois qui le régissent.

Cette perspective sur le conservatisme a une conséquence notable sur la description de la dynamique de la recherche. Si les contraintes guidant la définition des problèmes sont avant tout théoriques, on peut s'attendre à ce que toute voie de recherche susceptible de soutenir ce cadre théorique, de la préciser, soit la bienvenue et puisse se développer librement. Cette remarque nous permet de situer une limite possible du conservatisme représentationnel. Il nous semble en effet que d'autres types de contraintes doivent être prises en compte pour décrire la manière dont sont sélectionnés ou éliminés les problèmes à résoudre. L'étude de cas présentée dans ce chapitre – la découverte de la nature chimique de l'information génétique par Avery – illustre bien ce point. Dans cette épisode en effet, le manque de curiosité des scientifiques n'est pas lié à contrainte exercée par un paradigme comme représentation. Ainsi que nous l'avons noté, la découverte de l'ADN comme porteur de l'information génétique était théoriquement reconnue comme une donnée importante. Si l'on adopte une description de l'histoire des sciences comme histoire des concepts et des théories, le comportement de la communauté scientifique est donc assez mystérieux – en témoigne l'étonnement de Morange et la mobilisation de notions comme celle de découverte « post-matures ». Si le conservatisme des chercheurs est fondé sur une difficulté à quitter ou de modifier un certain réseau conceptuel tant que celui-ci s'avère fécond, on comprend mal pourquoi les observations d'Avery, clairement susceptibles d'accroître fortement la fécondité épistémique de la génétique naissante (sa

capacité à poser de nouveaux problèmes), n'ont pas été exploitées. Cet écart entre la reconnaissance théorique de l'importance de la découverte et son incapacité à modifier concrètement les pratiques, à conduire à la formulation de nouveaux problèmes, est clairement un coup porté à une conception de l'équilibre entre tradition et innovation donnant trop d'importance au poids des représentations. Dans une perspective pragmatiste, le conservatisme est bien plutôt une propriété des *pratiques scientifiques*, dans toutes leurs dimensions – techniques, expérimentales, représentationnelles. Nous précisons ce point dans le chapitre suivant, dédié à cette notion de pratique scientifique. Notons dès à présent que le conservatisme pratique d'inspiration pragmatiste ne s'oppose pas au conservatisme représentationnel : bien au contraire, le second semble inclure dans le premier. La leçon que nous tirons de Dewey – et comme nous le verrons, des principaux contributeurs du *practical turn* en philosophie des sciences – est en effet la suivante : les activités non théoriques (techniques, expérimentales) sont également une source propre de conservatisme¹¹¹ ; tout comme les réseaux de concepts structurant les paradigmes, elles cherchent à se maintenir et à se stabiliser, et inhibent donc l'émergence de nouvelles pistes de recherche – même si ces dernières vont pleinement dans le sens du paradigme dominant. Nous décrirons plus précisément dans le chapitre suivant les contours de ce conservatisme pratique, mais il nous semble que ces quelques remarques permettent d'ores et déjà de situer ce que la perspective pragmatiste est susceptible d'apporter aux descriptions classiques¹¹² de l'équilibre entre tradition et innovation et des sources du conservatisme en science.

III.3 Conclusion

Nous avons débuté ce troisième chapitre par l'exposé d'un type de réponse possible à la thèse libérale, telle qu'elle est formulée au sein de la littérature sur la division du travail cognitif. Ces travaux reposent sur une conception de l'activité scientifique comme résolution de problèmes prédéfinis et partagés par une communauté. Le cœur de cette activité reposerait ainsi sur le choix des alternatives pertinentes pour atteindre l'objectif fixé. La division du travail cognitif est dès lors pensée comme un exercice d'optimisation, basé sur un calcul de risque permettant de gérer l'équilibre entre l'exploration (de pistes mal connues) et l'exploitation (d'approches bien maîtrisées). À partir de ces

¹¹¹Cette idée se rapproche du slogan de Hacking selon lequel les pratiques expérimentales ont « une existence propre » (Hacking, 1983, p. x).

¹¹²Celle de Kuhn, mais également selon nous celle de la majorité des « grands systèmes » historicistes du développement scientifique qui lui sont contemporains (Nickels, 2017). Nous n'en mènerons pas la démonstration ici, mais il nous semble que les travaux de Lakatos (1978), Laudan (1977) ou Toulmin (1972) seraient également de bons exemples de lecture théorisante, ou représentationnelle, du conservatisme.

prémises, la littérature sur la DTC a développé une vaste panoplie de modèles visant à déterminer les conditions d'optimisation de la distribution des ressources entre les approches envisageables. L'un des résultats principaux obtenus suggère que des scientifiques libres de choisir l'alternative qu'ils suivent n'optimisent pas la DTC, ce qui a amené certains auteurs à défendre la valeur épistémique d'une certaine dose de pilotage centralisé du champ scientifique pour lutter contre le conservatisme qui lui serait inhérent. Pour intéressants que soient ces arguments dans notre étude critique de la thèse I, deux limites immédiates viennent en atténuer la portée.

D'une part, il nous semble que tous les résultats obtenus dans cette littérature sont étroitement dépendants des conditions initiales imposées, c'est-à-dire, du modèle de la dynamique de la science fondant les modèles utilisés. À partir du moment où l'on considère les scientifiques comme des agents purement rationnels, choisissant des options pour répondre à un problème prédéfini en se fondant uniquement sur leur pertinence présumée, on peut s'attendre à ce qu'un « état de nature scientifique » n'optimise pas la DTC. On peut également s'attendre aux phénomènes de « concentration » autour des options généralement considérées comme les plus prometteuses. L'apport le plus important de cette littérature réside donc, selon nous, non dans ce qu'elle montre (à travers ses modèles mathématiques), mais bien plus dans ce qu'elle ne montre pas – sa conception de l'activité scientifique. En effet, cette dernière prend le contre-pied des discours que nous avons qualifiés de pro-autonomie, qui tendent à opposer la liberté individuelle à l'absence d'objectifs clairement définis (chapitre II). Dans ce même mouvement, elle offre une conception de la diversité épistémique qui exclut de la valoriser par principe, en la concevant dans le cadre d'une stratégie prudentielle de gestion rationnelle du risque. Cependant, les hypothèses fondant cette littérature gagneraient grandement à être justifiées et explorées plus en profondeur. Elles engagent en effet toute une « philosophie de la recherche¹¹³ », c'est-à-dire une certaine appréhension de la dynamique des sciences qui pourrait être mobilisées comme une alternative crédible aux conceptions de la dynamique de la science sous-tendant la thèse I.

D'autre part, le cadre utilisé, s'il est adapté pour penser la thèse I(ii), ne l'est pas pour aborder la thèse I(i). En effet, la littérature sur le DTC est focalisée sur la dynamique de résolution de problèmes *déjà-là*. En conséquence, elle ne soulève pas la question de la manière dont sont posés ces

¹¹³Pour reprendre une expression de Latour (1998).

problèmes à résoudre (qui fixe les thématiques de recherche?). Ainsi, elle laisse de côté l'argument – crucial – selon lequel une science libre optimise la fécondité du champ scientifique en stimulant la formulation de problèmes nouveaux, originaux, innovants.

Ces deux remarques nous poussent à élargir le champ de réflexion qui nous est ouvert par la littérature sur la DTC, en revenant à la source des hypothèses qui lui servent de fondement. Nous avons alors proposé de considérer, comme point de départ, la logique de l'enquête proposée par Dewey pour décrire la dynamique de la science. Dans ses grandes lignes, la littérature sur la DTC pourrait en effet s'appuyer sur une dimension particulière de la perspective pragmatiste pour justifier les hypothèses sous-jacentes à ses modèles. Comme nous l'avons vu, une fois les problèmes à résoudre clairement définis (« bien posés »), l'activité scientifique, chez Dewey comme chez les penseurs contemporains de la DTC, se résume à un choix d'alternatives, de *moyens* jugés pertinents pour atteindre la fin fixée. De même, le principe de continuité deweyien fait écho à la cécité vis-à-vis de la *nature* des objectifs fixés que l'on trouve dans la littérature sur la DTC : la logique générale de l'enquête est la même quel que soit le type de fin (par exemple, pratique ou cognitive) qu'on lui assigne. En particulier, et nous reviendrons sur ce point, toute recherche possède, dans ce cadre, la structure d'une recherche programmatique, ou finalisée, c'est-à-dire, organisée pour répondre à un problème précis, dont la définition précède et motive l'enquête proprement dite. Ainsi, l'opposition entre une science libre et une science orientée perd beaucoup de son sens : en rendant à la recherche son aspect intrinsèquement finalisé, en lisant sa dynamique à l'aune d'un ensemble d'objectifs explicites qu'elle cherche à atteindre, le point de vue pragmatiste renverse la perspective classiquement utilisée dans les discours pro-autonomie. Si toute recherche doit être pensée sur le modèle classiquement attribué à une science appliquée (puisant dans un ensemble de savoirs, de pratiques, de méthodes déjà connues pour répondre à un problème fixé), restent aux défenseurs de l'autonomie à choisir entre deux options. Soit ils peuvent montrer que les objectifs détachés d'une quelconque utilité pratique sont, en eux-mêmes, épistémiquement supérieurs – c'est-à-dire, qu'ils génèrent une connaissance de meilleure qualité, plus approfondie, plus générale, etc. C'est l'option que nous avons formalisée dans la thèse II (anti-utilitariste). Soit ils peuvent montrer qu'un champ scientifique organisé de manière à accorder un maximum de liberté individuelle aux chercheurs est favorable à la formulation de problèmes nouveaux, originaux¹¹⁴ (thèse I(i)) et à leur

¹¹⁴Rappelons que nous mobilisons ici, pour le moment, une définition de la fécondité épistémique correspondant à celle utilisée dans la thèse I, qui valorise la capacité du champ scientifique à ouvrir de nouvelles voies/définir de nouveaux problèmes de recherche.

résolution (thèse I(ii)). On l'a vu, la thèse I(ii) semble, à ce stade, fragilisée. Tout l'intérêt de la perspective pragmatiste réside dans le fait qu'elle se penche également sur la manière dont sont posés, identifiés, formulés les problèmes à résoudre. En cela, elle pourrait fonder une réponse à la thèse I(i). Rappelons en effet que la thèse I pense la dynamique de la science libre sur le mode de l'exploration de l'inconnu. À rebours de cette conception intellectualiste, idéalisée, la logique deweyenne souligne les conditions matérielles de genèse des problèmes motivant l'enquête au sein d'une pratique scientifique. Pas d'exploration *pour l'exploration* dans la tradition pragmatiste : la curiosité n'a pas pour rôle de poser des problèmes *de novo*, mais de repérer les indéterminations objectives perturbant une « situation ». En conséquence, on ne peut attendre des scientifiques, fussent-ils parfaitement libres, qu'ils sortent aisément de leur pratique quotidienne pour défricher de nouvelles voies de recherche. L'exemple que avons détaillé (les travaux d'Avery sur la transformation bactérienne) nous semble éclairant pour poser l'hypothèse d'une certaine forme de *conservatisme pratique* comme conséquence du modèle deweyien.

Une fois cernés, au moins de manière intuitive, ces points centraux de la doctrine pragmatiste concernant la dynamique de la science, il est de toute évidence nécessaire de clarifier et d'approfondir certaines de ses zones d'ombre. En particulier, l'opposition clé de l'« authentique » et du « spéculatif » mérite qu'on s'y attarde. Cette dernière repose sur une valorisation de la notion de « pratique scientifique », opposée à la spéculation. Or, en quoi une interrogation spéculative s'éloigne-t-elle d'une véritable pratique scientifique ? Et comment surgissent exactement les indéterminations au sein d'une telle pratique ? La notion de « situation » est elle aussi problématique : peut-on intégrer les pratiques ayant cours dans le champ scientifique et les indéterminations qu'elles génèrent et celles émergeant dans les autres sphères de la société, au sein d'une même « situation » ? Quelle est alors la conséquence d'une telle intégration sur la question de la gouvernance des sciences ? Le chapitre suivant (chapitre IV) aura pour objectif d'approfondir les pistes esquissées jusqu'ici, en mettant en miroir la logique pragmatiste de l'enquête et les travaux menés plus récemment dans le cadre du *practical turn*.

CHAPITRE IV

PRATIQUES SCIENTIFIQUES ET SITUATIONS

IV.1 Introduction

L'une des grandes hypothèses sous-tendant la perspective pragmatiste pose une continuité essentielle de structure entre tous les processus de recherche. Le modèle de l'*enquête*, rattaché à une disposition biologique de l'être humain, s'applique à tous les types d'objets et de contexte – en particulier, il existe une continuité entre l'enquête « scientifique » et l'enquête de « sens commun ». Cette forme de naturalisation de la science, insistant sur son déploiement comme pratique plus que sur son statut de savoir constitué, trouve un écho certain dans les travaux plus contemporains se revendiquant d'un certain *practical turn* (Rouse, 2014). Sans mettre en cause les particularités axiologiques du processus de recherche scientifique, la mise en avant de la « science en pratique » tend en effet à rattacher l'épistémologie à des questions plus générales (comment se programment et se déploient nos actions ?) et à ancrer la science (comme processus) dans l'économie générale des pratiques ayant cours dans le monde social. Ce souci de décrire la science telle qu'elle se fait constitue bien entendu un enjeu central pour le traitement des problématiques qui sont les nôtres. La caractérisation du *bon* degré de pilotage que l'on peut accepter (par opposition à la préservation d'un espace de liberté de recherche) dépend en effet étroitement du regard que l'on porte sur la nature du processus de recherche lui-même et sur la manière dont surgissent les problèmes qu'il s'attache à traiter. Dans ce cadre, l'objectif de cette partie est de préciser les sources et la nature du conservatisme en science – et réciproquement, des moteurs pouvant pousser la (les) communauté(s) scientifique(s) à renouveler les types de problèmes qu'elle(s) se pose(nt). Dans le chapitre précédent, nous avons proposé, contre un conservatisme représentationnel situant la résistance au changement dans une difficulté à sortir de cadres conceptuels, de considérer l'existence d'un conservatisme pratique, issu des pratiques scientifiques elles-mêmes, dans leur multiples dimensions. Nous avons présenté des exemples de ce type de conservatisme (la découverte de la nature chimique de l'information génétique par Avery

et plus généralement, les cas de « découvertes post-mature » recensés par Morange, 1994), ainsi qu'une perspective philosophique pouvant permettre d'en rendre compte – la logique pragmatiste, deweyenne en particulier, de l'enquête. Ce chapitre a pour finalité de préciser les contours de ce conservatisme pratique. Pour ce faire, nous prolongeons nos analyses précédentes en mobilisant des auteurs récents qui revendiquent, à la suite de Hacking notamment, leur attachement au *practical turn*. Nous montrons comment ces travaux (en particulier, ceux de Chang, Woody, Waters) permettent d'éclairer la notion de pratique (scientifique) et comment, en retour, les analyses de Dewey fournissent une solution possible aux problèmes principaux relevés dans cette littérature, notamment la place à donner à l'antagonisme entre théorie et pratique, la nature du moteur de l'enquête et le maintien de la cohérence des réseaux de pratiques. La notion d'obstacle, associée au concept pragmatiste de curiosité, permet ici de compléter les schémas proposés par les auteurs du *practical turn* pour rendre compte de la dynamique de la recherche.

IV.2 Qu'est-ce qu'une « pratique scientifique » ? Les apports du *practical turn*

Comme nous l'avons noté plus haut, il est courant de souligner l'effort fait depuis les années 80 pour décrire la science *telle qu'elle se fait*, comme processus de recherche plutôt que comme savoir articulé (Soler, 2014). Bien qu'il soit délicat de donner un contenu précis à l'idée d'une philosophie des sciences pré-pratique, il est généralement admis que le programme fort en sociologie des sciences, d'une part, et le « nouvel expérimentalisme », d'autre part, ont ouvert de nouveaux champs d'étude visant à comprendre la dynamique propre de la recherche scientifique (Nordmann, 2015).

De manière très générale, et bien que divergeant sur de nombreux points, les auteurs revendiquant de près ou de loin leur appartenance à ce mouvement partagent une même critique d'une philosophie des sciences décrivant ces dernières comme tournées vers la constitution de représentations théoriques cohérentes et unifiées du monde naturel. Or, comme l'a souligné Hacking (1983) de manière fondatrice, l'activité de représentation ne peut être détachée de la mise en place de conditions d'intervention (expérimentale, technique, technologique). En conséquence, il est nécessaire de complexifier la manière dont sont perçus les objectifs poursuivis au sein du champ scientifique. Par exemple, l'expérience ne peut simplement être pensée, de manière idéalisée, comme un outil de test ou de vérification d'hypothèses ; les pratiques expérimentales possèdent leur vie propre, leurs mécanismes de stabilisation, leur travail de purification des objets (Hacking, 1992). De manière plus général, les études menées sous cette bannière ont affirmé avec force que « les analyses de la science ne devraient pas considérer *simplement* les dimensions contemplatives/représentationnelles/ontologiques

de la science, mais examiner également ses dimensions transformatives/techniques/pragmatiques, avec ses aspects matériels, corporels, utilitaires et d'habileté » (Soler, 2014, p. 9, *nous soulignons*). Tout l'enjeu de ce parti-pris réside dans l'adverbe *simplement*. Si ce « nouvel expérimentalisme » a permis de mener de riches études portant sur les pratiques expérimentales passées et présentes, elles ont paradoxalement creusé l'écart entre ce qui est décrit comme la pratique scientifique elle-même et les dimensions les plus théoriques (qualifiées de représentationnelles ou de contemplative) de la science. Comme le note Woody (2014), « le fameux ouvrage de Hacking, *Representing and Intervening*, a dressé le programme d'un tournant vers la pratique (...) mais ce faisant, il a entretenu un dualisme entre la théorie et l'expérience – le règne du conceptuel/du linguistique contre le règne de l'action pratique (...). Alors que l'expérimentation était conceptualisée comme pratique, la théorie ne l'était pas » (p 124). L'intégration des activités de représentation au sein des pratiques scientifiques est un enjeu majeur des réflexions contemporaines s'inscrivant, de près ou de loin, au sein du *practical turn*. Bien que cette nécessité d'analyser les « pratiques conceptuelles » soit reconnue de longue date (Pickering et Stephanides, 1992), la distinction entre la théorie et la pratique reste un leitmotiv des travaux contemporains se revendiquant d'un intérêt pour la pratique scientifique. L'un des objectifs de ce chapitre est de montrer qu'il est sans doute plus pertinent, dans le cadre du *practical turn*, de déplacer cette opposition vers l'antagonisme deweyien entre problèmes authentiques et spéculatifs, moyennant un ré-aménagement de ce dernier. Pour ce faire, examinons tout d'abord une contribution récente, que l'on doit au philosophe américain Kenneth Waters, visant à promouvoir un « déplacement de l'attention de la théorie vers la pratique en philosophie de la biologie » (Waters, 2014).

IV.2.1 La « métaphysique informée par la pratique » : brève présentation

Le projet d'une « practice-informed metaphysics » est décrit par le philosophe américain Waters comme une forme contemporaine de métaphysique scientifique, décrite elle-même comme « l'idée selon laquelle l'étude de ce qu'est, finalement, le monde, devrait prendre en compte les succès remarquables de la science¹¹⁵ ». De manière très générale, le projet qu'il propose consiste à se défaire d'une métaphysique scientifique trop centrée sur la « théorie », les « concepts » et à faire confiance aux « pratiques scientifiques » pour nous dire quelque chose du monde réel. Il s'agit notamment d'« analyser des pratiques scientifiques fructueuses qui, bien que reposant sur des bases théoriques

¹¹⁵<http://biological-practice-to-metaphysics.org> (consulté le 2 septembre 2018).

modestes, permettent des avancées dans les sciences ayant affaire à des objets complexes, notamment en biologie. Cette approche examine les implications métaphysiques de formes stables de pratiques scientifiques dans des situations où ne sont disponibles que des théories locales, partielles, non intégrées, pour expliquer des phénomènes complexes ». Dans cette perspective, la « pratique scientifique » elle-même nous dit finalement plus de choses que les théories générales, idéalisées, sur le monde réel. Le point intéressant, pour nous, est que son parti-pris pousse Waters à bâtir une distinction entre la « théorie » et la « pratique » en tant que perspectives distinctes sur l'activité scientifique. Ainsi, pour Waters et ses collaborateurs du projet *From Biological Practice to Scientific Metaphysics*, la démarche qu'ils suivent s'inscrit dans le cadre plus général d'un « mouvement depuis une philosophie des sciences centrée sur la théorie à une philosophie des sciences centrée sur la pratique » (Waters, 2014, p. 121). Tentons de clarifier cette affirmation.

Comment caractérisent-ils, tout d'abord, une philosophie des sciences centrée sur la théorie ? La première idée qu'ils associent à cette approche pose que « les concepts les plus fondamentaux des sciences matures désignent les entités et les processus fondamentaux de leurs domaines respectifs » (*Ibid.*, p. 122). Ce parti-pris est souvent couplé, selon les auteurs, à un postulat de type réaliste selon lequel « diviser la nature dans ses unités fondamentales est la base conceptuelle permettant de la comprendre dans sa totalité ». Autrement dit, ce que Waters critique, c'est une certaine tendance à intellectualiser à l'excès le contenu conceptuel des disciplines scientifiques – comme si ces dernières se bâtissaient systématiquement sur quelques concepts clés, non ambigus, dont une définition claire et non équivoque peut être fournie. Afin de mettre en évidence les limites de cette manière de concevoir le rôle des concepts en science, il analyse longuement celui de « gène ». Il souligne alors la difficulté qu'ont les chercheurs à en proposer une description unique, sous laquelle toutes les pratiques scientifiques qui mobilisent ce concept puissent être subsumées. Ce qui l'intéresse, c'est donc le décalage entre le flou conceptuel entourant cette notion et les succès remarquables que permet son utilisation dans diverses situations de recherche. Ainsi, la question « qu'est-ce qu'un gène ? » devrait finalement être abandonnée (notamment, par les philosophes), pour analyser plutôt les différentes manières dont les scientifiques conçoivent les gènes, pour les utiliser :

Ainsi, au lieu de se demander « qu'est-ce qu'un gène ? », avec l'hypothèse selon laquelle les gènes constituent l'unique manière correctes de diviser l'ADN, nous devrions demander : « comment les biologistes conçoivent les gènes et pourquoi ? ». La réponse à cette question indique que les biologistes conçoivent les gènes de multiples façons. Pour être plus précis, je pense que nous devrions nous demander :

« quels concepts de gène sont employés dans les pratiques scientifiques couronnées de succès (*successful*) ? » (Waters, 2014, p. 126).

Il nous faut ici préciser un point : la position de Waters ne relève pas d'un anti-réalisme sommaire, mettant l'accent sur l'utilisation des concepts plus que sur leur correspondance à un quelconque état des choses dans le monde. Bien au contraire, le projet d'une *métaphysique informée par la pratique* fait justement l'hypothèse que les pratiques scientifiques nous disent *quelque chose* de la réalité, qui n'est pas contenu dans les théories et les concepts conçus comme des entités rigides, figées. L'une des lectures possibles de cette idée consiste à poser qu'il y a plus dans la pratique concrète de la recherche que ce qui transparait dans les théories idéalisées qu'on en extrait. Waters (2008b) développe ce point en prenant le cas des expériences menées par Morgan sur la *Drosophile* dans le cadre de son étude des modalités de transmission héréditaire des caractères phénotypiques. Selon Waters, « les analyses philosophiques dominantes de la génétique classique supposent que la théorie morganienne de la transmission peut être comprise indépendamment des pratiques expérimentales » (Waters, 2008b, p. 707). Autrement dit, les approches classique tendent à centrer leur réflexion sur la théorie elle-même, telle qu'elle est censée être confirmée par les démarches expérimentales. Ces dernières ne sont donc rien d'autres qu'une série d'instanciations particulières de la théorie générale. Or, Waters souligne que les pratiques mises en œuvre par l'équipe de Morgan contenaient un grand nombre de savoirs excédant largement les principes de base de la théorie : le savoir-faire (*know-how*) développé constitue une mine d'informations importantes sur le phénomène de transmission lui-même. Le « savoir procédural », parfois implicite et non écrit, contient des connaissances qui ne sont pas présentes dans la théorie elle-même. Waters prend ici l'exemple du phénomène de *crossing-over* (recombinaisons génétiques entre chromosomes homologues par « enjambement » [*crossing-over*] des brins lors de la formation des cellules sexuelles). Une grande partie de ce programme de recherche était basé sur la mesure de la fréquence des recombinaisons, qui lui permettait de dresser des cartes génétiques localisant les gènes le long des chromosomes. Pour ce faire, il était important d'obtenir des conditions de croisement garantissant un taux de recombinaison stable. De nombreuses « recettes » (*tricks*) expérimentales ont donc été mises en place dans ce but : utilisation de températures plus ou moins élevées, exclusion des mâles de la mesure (le *crossing-over* n'a lieu que chez les femelles)... Ces « recettes » constituent des informations précieuses qui sont collectées, stockées, utilisées au besoin. Ces informations sont précieuses car elles permettent d'exporter le savoir acquis avec la *drosophile* en dehors du laboratoire de Morgan : elles constituent les intermédiaires entre les expériences menées dans le cadre de son programme de recherche et le monde naturel. D'autre part, elles contiennent

du savoir *non problématisé* concernant des processus biologique fondamentaux – notamment, liés au développement. De manière intéressante, la mise au point de ces astuces expérimentales n’est cependant pas tournée vers l’amélioration des connaissances théoriques, mais vers la résolution de problèmes « pratiques » (dans le sens particulier que Waters donne à ce terme), nécessaire au développement du programme de recherche de l’équipe de Morgan. Ainsi,

la connaissance pratique de la génétique classique incluait de nombreuses astuces pour conserver les stocks [de drosophiles] utilisés. Par exemple, Muller (1918) a mis au point une stratégie pour préserver l’hétérozygotie des stocks. Cette dernière a été particulièrement utile pour conserver les mutations récessives létales qui disparaîtraient naturellement dans les stocks à cause de la pression de sélection. L’astuce de Muller a consisté à mettre en balance deux mutants létaux, sur des loci voisins (...). Les *crossing-over*, chez les femelles, pouvaient rendre le système caduque, c’est pourquoi Muller a ajouté un répresseur de *crossing-over*. L’objectif de la recherche, ici, était un problème pratique lié à la production et au maintien des stocks et non pas un problème cognitif associé à la transmission des traits phénotypiques. Ce savoir procédural était largement orienté vers la réalisation de protocoles expérimentaux. Il était donc dédié à la construction d’un système qui réponde aux principes de la génétique classique. Les généticiens savaient que le principe de *crossing-over* ne s’appliquait pas de manière générale, ils ont donc construit un modèle expérimental (...) obéissant au principe de *crossing-over* (...). Cela aurait été problématique si leur recherche concernait le phénomène de *crossing-over*, mais ce n’était pas le cas (Waters, 2008b, p. 717-718).

Finalement, la pratique scientifique, incluant la mise au point de techniques expérimentales permettant le déploiement d’une voie de recherche donnée (dans le cas de Morgan, la mesure des distances génétiques le long des chromosomes) possède implicitement du savoir fondamental non exploité en tant que tel. Le développement d’« astuces » expérimentales garantissant la pérennité de la piste suivie prime sur l’importance théorique potentielle des informations qu’elles contiennent. De manière intéressante, nous retrouvons ici une observation que nous avons faite dans le cas des travaux d’Avery. Nous avons montré, en effet, que ce dernier avait délibérément choisi de concentrer ses efforts sur l’amélioration des méthodes expérimentales permettant de reproduire le phénomène de transformation, ignorant de ce fait l’information capitale présente dans son article : la nature chimique de l’information génétique. Les remarques de Waters vont pleinement dans ce sens et suggèrent que le comportement d’Avery n’est pas uniquement lié aux particularités de son caractère. Etant donné que les recherches initiales de Morgan utilisaient le *crossing-over* comme un outil pour mesurer des distances génétique, le phénomène de *crossing-over* lui-même n’est pas devenu un objet d’étude et ce malgré les observations surprenantes faites à son propos (son instabilité en fonction du sexe et de la température) qui auraient pu attiser la curiosité des scientifiques.

Pour Waters, rendre son importance à la « pratique », c'est ainsi réviser la manière classique de penser la théorisation. Selon lui, cette perspective classique « présuppose que le but de la théorisation en science consiste à identifier les relations fondamentales (...) universellement responsables d'un domaine de processus » (Waters, 2014, p. 127). À partir de là, un travail possible pour les philosophes consisterait à « analyser la théorie centrale d'une discipline » de manière à en extraire des principes jugés essentiels. Waters prend l'exemple de la théorie darwienne de l'évolution, qui a fait l'objet d'un grand nombre de reconstructions philosophiques visant à en isoler un (ou quelques) principe(s) universaux : il cite ici le cas des travaux d'Eliot Sober fournissant une lecture idéalisée du darwinisme subsumée sous un concept étendu de sélection naturelle (p. 127). Finalement, ce genre de contributions entretient l'idée selon laquelle « il doit y avoir une manière unique de comprendre l'évolution, une manière unique de classer les causes qui divisent les processus évolutionnaires en éléments distincts et non recouvrant ». Waters propose alors une autre conception de la théorisation, qu'il juge plus conforme à la manière dont les scientifiques eux-mêmes la pratiquent. Cette théorisation passe non pas par la recherche et l'explicitation de principes unificateurs, mais par la formulation de modèles *locaux* répondant à des problèmes singuliers. Plus encore, selon Waters, la formulation de ces modèles locaux n'implique pas la nécessité de leur trouver un fondement théorique commun – en affirmant, par exemple, qu'ils constituent deux chemins causaux possibles pour expliquer un même phénomène. Afin d'explicitier ce point, il mobilise un exemple précis de problème scientifique : « la transition des procaryotes aux eucaryotes et des organismes unicellulaires aux organismes pluricellulaires » (Waters, 2014, p. 128). Waters note que deux modèles explicatifs ont été avancés, nommés *MLS1* et *MLS2*. À partir de là, deux approches « philosophiques » sont possibles. Il qualifie la première de « fondamentaliste » :

Le fait que les biologistes utilisent alternativement l'un ou l'autre de ces modèles soulève des questions philosophiques intéressantes pour le philosophe fondamentaliste. Qu'est-ce qu'*est* la sélection multi-niveaux ? Est-ce *MLS1* ou *MLS2* ? Ou peut-être la sélection multi-niveaux peut s'exprimer selon deux formes ? Peut-être que certains processus de sélection multi-niveaux prennent une forme, correctement modélisée par *MLS1* et d'autres prennent une autre forme, correctement modélisée par *MLS2*. Mais si c'est le cas, il doit exister une théorie plus fondamentale qui subsume ces deux types de modèle. Quelle est cette théorie ? Le philosophe fondamentaliste veut savoir (Waters, 2014, p. 128).

Un exemple de réponse « fondamentaliste » serait ainsi que « *MLS1* décrit les processus précoces dans les transitions évolutives et que *MLS2* décrit les processus tardifs. Si l'on adopte la perspective

fondamentaliste de la philosophie traditionnelle des sciences, centrée sur la théorie (...), nous devons faire l'hypothèse que ces modèles représentent différents types de processus causaux » (p. 129). Pour Waters, le fait d'organiser ainsi l'espace causal en cherchant à localiser précisément les domaines de validité de MLS1 et MLS2 *n'apporte rien de plus*, en termes de connaissances, par rapport à la simple analyse de la « pratique scientifique », cette dernière montrant simplement que « les théoriciens emploient différents types de modèles et qu'un de ces modèles (MLS1) capture mieux la causalité dans les étapes précoces de l'évolution et que l'autre la capture mieux pour les étapes plus tardives » (p. 129). Mais tenter de généraliser cette observation en faisant de MLS1 et MLS2 les deux mécanismes possibles des transitions évolutives, décrivant chacun un domaine clair de l'espace causal, est fautif. MLS1 et MLS2 sont beaucoup plus *locaux* que ne le postulent les « philosophes fondamentalistes ». Tout comme il est contre-productif de se demander ce qu'*est* un gène, ou ce qu'*est* la sélection naturelle, les relations entre les modèles utilisés par les scientifiques ne font pas de leur part, concrètement, l'objet de théorisation excédant le cadre de la pratique scientifique elle-même. Finalement, cette manière de chercher des principes théoriques fondamentaux est un problème de philosophes et ne correspond pas aux préoccupations réelles des scientifiques. Or, le programme de toute métaphysique scientifique considère que *la science elle-même* doit informer la métaphysique. Le propos de Waters a pour objectif de montrer que les philosophes tendent à adopter une vision biaisée de ce que la science peut offrir à la métaphysique, en supposant que le rôle et le moteur de la science est la formulation de concepts généraux et de théories fondamentales liant ces concepts. Pour Waters, cette démarche est doublement fautive. D'une part, elle décrit mal la dynamique de la science, en supposant que les chercheurs sont eux-mêmes majoritairement « fondamentalistes ». Ce faisant, elle ne voit pas que l'activité de théorisation est généralement très locale et consiste à développer des modèles singuliers pour rendre compte de phénomènes bien circonscrits. Elle ne voit pas non plus qu'une part importante de l'activité scientifique consiste en l'élaboration d'un savoir procédural, qui, bien que n'étant pas inclus dans une théorie, constitue un stock d'observations, de résultats, excédant la connaissance formalisée disponible. Les travaux de Morgan sur la drosophile illustrent bien ce dernier point.

D'autre part, la démarche « fondamentaliste » construit une mauvaise métaphysique, imbue de l'idée selon laquelle l'analyse du contenu des concepts et des théories scientifiques, au-delà de leur utilisation par les scientifiques, nous informe de manière fiable sur le réel lui-même. Il nous semble qu'un exemple précis, développé d'ailleurs par Waters, permet de saisir très clairement ces différents points : le débat sur le réductionnisme. Pour Waters, l'opposition entre le réductionnisme, comme

théorisation abstraite d'un ensemble de pratiques scientifiques et l'« anti-réductionnisme », comme position avant tout métaphysique, est un faux débat. Principalement, il ne rend pas bien compte de la manière dont le champ scientifique oriente ses pratiques, en considérant, notamment, qu'il existe deux positions métaphysiques claires sous-tendant le réductionnisme et l'anti-réductionnisme et que les scientifiques se rangent soit d'un côté, soit de l'autre. Or, pour Waters, la prédominance actuelle, en biologie, des approches moléculaires n'est pas liée à un choix métaphysique tranché en faveur d'une conception particulière du monde naturel, mais à des considérations pragmatiques sur l'efficacité des techniques associées à la biologie moléculaire pour résoudre les problèmes qui se posent au champ scientifique. Il propose ainsi de considérer que la « révolution » de la génétique ayant fait suite à la découverte de la structure de l'ADN par Watson et Crick n'est pas une révolution théorique, mais « pratique » (Waters, 2008a). Les travaux de Watson et Crick ont avant tout permis de « réoutiller les stratégies de recherche traditionnellement utilisées en génétique » (p. 1), indépendamment de l'adoption d'un nouveau cadre conceptuel « réductionniste ». En d'autres termes, les scientifiques utilisent les outils de la génétique moléculaire, sans pour autant prendre parti, au niveau métaphysique, sur la *nature* des gènes. Selon Waters, rares sont, chez les généticiens investis dans une pratique, les authentiques « réductionnistes », qui soutiendraient que « les succès des recherches portant sur l'ADN présuppose la vérité fondamentale selon laquelle tous les processus sont ultimement dirigés ou programmés par les gènes et l'ADN ». Ainsi, le « réductionnisme théorique » et les diverses formes d'anti-réductionnisme dessinent avant tout un débat de philosophes, très éloigné de la réalité des pratiques scientifiques. Dans les deux cas, l'erreur est de chercher à justifier des affirmations générales sur la structure du réel, qui serait, ou ne serait pas, unifié, constitué d'une, ou plusieurs couches ontologiquement distinctes. Car au-delà de ces questions, les scientifiques suivent ce qui fonctionne, c'est-à-dire ce qui leur permet de *résoudre les problèmes* qui se posent à eux. Ainsi, il est tout à fait exact de remarquer, selon l'argument classique de Kitcher, que le maintien de différents niveaux d'explication en génétique est nécessaire à la construction de réponses appropriées à certaines questions (Kitcher, 1984). En cela, il est certain que la génétique mendélienne n'est pas théoriquement « réductible », au sens du réductionnisme théorique de Nagel (1961), à la génétique moléculaire. Cependant, cette remarque ne justifie sans doute pas la défense de l'anti-réductionnisme comme position métaphysique :

L'anti-réductionnisme émerge comme la thèse selon laquelle il existe des niveaux autonome d'explication en biologie. L'anti-réductionnisme considère la division actuelle de la biologie non simplement comme une caractéristique temporaire de notre science, liée à nos imperfections cognitives, mais comme le reflet des *niveaux d'or-*

ganisation de la nature (Kitcher, 1984, p. 371, *nous soulignons*).

Selon Kitcher, il existe donc, dans la nature, des phénomènes qui seront *toujours* mieux expliqués à un niveau d'explication qu'à un autre. Or, « contrastant avec ces affirmations, les biologistes moléculaires étudient effectivement ces phénomènes, comme la méiose, au niveau moléculaire. L'affirmation anti-réductionniste selon laquelle ces recherches ne fournissent pas de meilleures explications des processus chromosomiques est tout simplement fausse. Le fait de centrer son attention au niveau moléculaire et sur l'ADN a été extrêmement fructueux pour l'étude de larges gammes de phénomènes » (Waters, 2008a, p. 11-12). Aux arguments *pro* ou *contra* réductionnisme, Waters oppose donc la réalité de la pratique scientifique, qui ne s'embarasse pas de telles étiquettes. Ainsi, selon lui, la transition vers la génétique moléculaire est un problème éminemment « pratique ». Avant d'être interprétée comme le triomphe d'une métaphysique réductionniste, elle peut être vue comme un « reoutillage (*retooling*) de la génétique, qui a intégré aux approches classiques de la génétique des méthodes biochimiques et des techniques basées sur la recombinaison et l'interférence à ARN ». Finalement, « c'est ce réoutillage, et non la construction d'une nouvelle théorie fondamentale, qui a transformé la biologie » (p. 3).

IV.2.2 Bilan et critiques

La cible de Waters est une certaine philosophie des sciences ancrée dans deux présupposés. Le premier concerne la nature de l'activité scientifique et postule que celle-ci est principalement motivée par la formulation de concepts et de théories générales permettant de fonder notre connaissance de tout ou partie du réel. La seconde concerne ce que la science peut nous dire sur la nature de ce réel. Elle considère qu'une métaphysique scientifique a pour but de prolonger cette activité de théorisation fondamentale, en cherchant à définir précisément, de manière univoque et non ambiguë, le contenu des concepts construits par les scientifiques et les relations qu'ils entretiennent au sein des systèmes d'axiomes constitutifs des théories. Contre cette « perspective fondamentaliste », il propose d'opérer un virage vers l'étude des pratiques scientifiques elles-mêmes. Ce mouvement serait nécessaire, tout d'abord, pour mieux rendre compte de la dynamique de la science, dont l'activité de théorisation serait beaucoup plus *locale* que ne le suppose l'approche fondamentaliste. Dans cette perspective, les scientifiques sont occupés à résoudre des problèmes spécifiques, singuliers et ne s'occupent que rarement de formuler des théories très générales, censées subsumer les différents types de modèles élaborés dans la cours d'une pratique. Deuxièmement, le recentrage sur les pratiques serait bénéfique

pour la métaphysique scientifique : en effet, une bonne partie des connaissances sont en fait incluses dans un savoir procédural auquel on ne peut avoir accès sans se pencher précisément sur les méthodes et protocoles expérimentaux mis en œuvre (exemple de Morgan et des *crossing-overs*). Finalement, l'argument central de Waters consiste donc à noter que les scientifiques sont beaucoup plus orientés par une exigence pragmatique de résultat vis-à-vis de la résolution de problèmes précis que par la volonté de construire une image métaphysiquement cohérente du monde. Le fait qu'une approche fonctionne serait, concrètement, beaucoup plus important dans la pratique de la recherche que son intégration dans l'économie générale d'une théorie fondamentale.

Pour stimulante qu'elle soit, cette perspective prête le flanc à un certain nombre de critiques. En premier lieu, la distinction entre les approches « fondamentalistes » et ce que nous dit la « pratique scientifique » elle-même n'est pas si aisée à caractériser. En effet, elle se fonde sur une opposition entre, d'une part, « l'activité de théorisation » réelle que Waters prête aux scientifiques, passant par la constitution de modèles locaux et d'autre part, la recherche de fondements, de théories générales et unifiées. Walters formalise cet antagonisme en contrastant la « perspective fondamentaliste » (*fundamentalist view*) et la « perspective boîte-à-outils » (*toolbox view*) (Waters, 2014, p. 130). Cette dernière s'imposerait naturellement, pour peu que l'on fasse l'effort de « porter notre attention philosophique sur la pratique de la théorisation ». On se rendrait alors compte que l'un de ses objectifs est de construire des modèles causaux locaux expliquant certains aspects des processus ayant cours dans un domaine. Ces différents modèles peuvent se recouper, ou être totalement disjoints et découper l'espace causal sans cohérence apparente. Ils n'ont, en particulier, pas besoin de « faire l'hypothèse qu'il y a une bonne manière de décrire le monde et que cette bonne manière offre une base unifiée, basée sur des principes clairs, pour expliquer chacun de ses aspects » (*Id.*). Cette démarche est certes pertinente pour réintégrer dans le champ de la science des pratiques qui en seraient exclus par une vision trop fondamentaliste de l'activité scientifique. On pense, ici, à l'argument déjà cité exposé par Raynaud (2016) refusant de rattacher à la science le champ des biotechnologies, sous prétexte que celles-ci constituent une forme de « bricolage » moléculaire sur la base de connaissances fondamentales incomplètes. Dans la perspective ouverte par Waters, le type de « bricolage » auquel se livrent les biotechnologies trouve tout à fait sa place dans l'éventail des pratiques scientifiques.

Il semble en effet légitime d'admettre que l'activité scientifique est mal décrite par une focalisation sur la formulation de théories à vocation générale, basées sur des concepts clairement définis. Attendre des biotechnologies qu'elles nous donnent une définition univoque et non ambiguë du

concept de gène, par exemple, revient à commettre une erreur grossière dans notre compréhension de la dynamique de la science. Cependant, réciproquement, il n'y a aucune raison d'exclure par principe une certaine recherche de *fondements* comme extérieur à la pratique de la science. La démarche « fondamentaliste » est et a été sans aucun doute à l'œuvre dans certains domaines, en physique (fondamentale) notamment. Il faut rappeler, ici, que la contribution de Waters est explicitement centrée sur la question des « phénomènes complexes » (p. 130), avec une attention particulière apportée aux objets biologiques. Si elle constitue une mise au point précieuse pour appréhender la manière dont se fait la science dans ces domaines, elle ne peut suffire à fonder *en raison* une distinction nette entre la « perspective fondamentaliste » et la « pratique scientifique ». Un exemple simple peut permettre d'étayer cette idée. Si, comme le montre Waters, certains arguments anti-réductionnistes peuvent être qualifiés de fondamentalistes (notamment parce qu'ils mobilisent des affirmations d'ordre métaphysique sur le monde naturel), sont-ils *en droit* à exclure du champ des pratiques scientifiques ? Finalement, ne peut-on pas concevoir que, si les hommes et *a fortiori* les scientifiques, « f[ont] de la métaphysique comme il[s] respire[nt] », le choix délibéré d'une ontologie particulière puisse constituer une heuristique épistémiquement positive ? Si l'intuition de départ de Waters nous semble correcte (la formulation de théories générales visant à donner une image cohérente du monde naturel n'est pas le tout de l'activité scientifique), il nous semble que son appel à une focalisation sur la pratique gagnerait à proposer une définition plus claire de ce qu'est, précisément, une pratique. En quoi la réflexion sur les fondements des approches utilisées en science (par exemple, le réductionnisme génétique) serait-elle nécessairement exclue du champ de la pratique scientifique ? On le voit, si l'on veut maintenir une distinction entre ce qui relève d'une pratique scientifique fructueuse et ce qui n'en relève pas, un critère plus précis doit être proposé.

Cette épithète de fructueux est importante ici, car il est central, bien que dissimulé, dans l'argumentaire de Waters. L'objectif poursuivi par l'auteur est, en effet, de parvenir à différencier une pratique scientifique véritablement fructueuse, *et donc privilégiée par les scientifiques*, d'un simple jeu de l'esprit ne résolvant aucun problème posé à la science. Dans une première approximation, une approche fructueuse est une approche qui marche – ou, pour le dire dans les termes de Ruphy (2005), une approche « payante » (p. 118). Or, dans ce cadre, comment justifier une distinction entre des questions qualifiées de « fondamentalistes » et les pratiques réelles déployées au sein du champ scientifique ? Il nous semble que les critères proposés par Waters, portant sur le degré de généralité, ou la recherche d'unité, de cohérence théorique, ne sont pas satisfaisants. Si ces derniers

ne peuvent être utilisés pour définir une bonne science, ils ne peuvent pas non plus, réciproquement, être rejetés au motif qu'ils constitueraient une lecture trop idéalisée de la science en train de se faire. Nous proposons, dans la section suivante, de clarifier la position de Waters en réinterprétant la distinction pratique/théorique à l'aune de l'antagonisme authentique/spéculatif. Dans un second temps, nous appliquerons ces conclusions aux travaux de Chang (2014) et Woody (2014) afin de préciser la notion de pratique scientifique.

IV.2.3 Une lecture pragmatiste de la « métaphysique informée par la pratique »

Dewey oppose, rappelons-le, les problèmes authentiques, surgissant au sein d'une pratique et formulés à partir de l'expérience d'une indétermination, aux problèmes spéculatifs, formulés indépendamment de tout obstacle vécu. Ce caractère vécu assure de l'objectivité du processus de problématisation : la présence d'un obstacle entravant une pratique donnée est susceptible d'être partagée, reconnue collectivement. Bien entendu, le fait de reconnaître qu'*il y a un problème* doit être distingué du jugement portant sur le fait que ce problème soit intéressant ou important à résoudre. Nous le verrons, cette distinction fonde d'ailleurs la possibilité *et* la nécessité d'un pilotage (par finalisation, centralisation et externalisation) des sciences.

L'une des difficultés, ici, est de définir précisément la notion de « pratique », cadre de l'expérience du doute et de sa problématisation. Il est tentant de s'enfermer dans un raisonnement circulaire, où la pratique serait définie comme le lieu où sont identifiés et résolus des problèmes réels, authentiques, ces derniers étant eux-mêmes définis comme ancrés dans une activité. Comme nous l'avons relevé, le raisonnement de Waters montre une ambiguïté similaire : en distinguant la perspective « fondamentaliste » et la pratique concrète de la recherche, il suggère qu'il existe des problèmes que cette dernière ne se pose tout simplement pas – qui lui seraient, *par nature*, étrangers. Par exemple, le débat réductionnisme/anti-réductionnisme ne pourrait être constitutif d'une véritable pratique scientifique. Bien sûr, nous tirons ici les arguments de Waters jusqu'à leurs conséquences les plus extrêmes : ce dernier cherche avant tout à capturer des tendances. Tendance à ignorer les questions trop éloignées de la résolution de problèmes locaux et singuliers chez les scientifiques et tendance (inverse) à trop intellectualiser le contenu des concepts et des théories chez les « philosophes fondamentalistes ». Cependant, il nous semble qu'en poussant le travail de Waters dans ses retranchements, la parenté qu'il entretient avec la perspective pragmatiste apparaît comme évidente. Il s'agit, dans les deux cas, de tenter de dresser une barrière entre les problèmes que se posent et que sont susceptibles de se poser, les scientifiques et une gamme de questions

« fondamentalistes », ou « spéculatives » qui sortent de la dynamique interne du champ scientifique¹¹⁶. Si cette distinction est intuitivement satisfaisante (on sent bien qu'il y a des problèmes qui n'en sont pas *réellement*) et paraît confirmée dans plusieurs cas précis (parmi lesquels, le débat réductionnisme/anti-réductionnisme), elle gagnerait à être formulée de manière plus rigoureuse et systématique.

Il nous semble qu'une notion clé, ici, est celle d'*obstacle*. Un problème authentique l'est car il constitue un obstacle, que sa résolution permettrait de lever. Or, s'il y a obstacle, c'est qu'il y a une fin clairement définie, un objectif vers lequel on tend et dont la réalisation est freinée. C'est parce qu'il y a déjà un but clair que l'on en problématise un nouveau et qu'une enquête est donc initiée. De plus, un problème authentique est également un problème susceptible d'être résolu. En effet, l'activité de problématisation consiste, pour Dewey, à transformer en une question apte à motiver la recherche une indétermination, un doute, une perplexité vécue. Cette recherche doit mener à la résolution du problème, étape à franchir pour poursuivre une pratique elle-même définie comme activité de résolution d'un problème initial. Il faut donc que la problématisation s'inscrive dans une *dynamique* constituée par un emboîtement d'objectifs bien définis. Dans ce cadre, un problème est authentique si sa résolution permet d'en résoudre d'autres. Par exemple, le débat réductionnisme/anti-réductionnisme peut tout à fait constituer un problème authentique si sa résolution permet d'atteindre d'autres fins que lui-même. Il semble ainsi que l'intuition partagée par Waters et par d'autres auteurs à propos de ce débat est que son utilité est limitée, dans le sens où la résolution du problème n'aurait *aucune conséquence en dehors de lui-même*. Il n'y a en effet aucune activité existante actuellement dont la poursuite dépende effectivement de la réponse à ces questions : toute science est-elle théoriquement réductible à la physique ? Le monde est-il un ou pluriel ? Il est donc plausible de supposer que si ces questions ont un intérêt, ce n'est que *pour elles-mêmes*. C'est d'ailleurs pour cette raison que Dewey lie la spéculation à l'activité d'une âme solitaire : c'est un manque de conscience des autres problèmes se posant dans l'ensemble des pratiques ayant cours dans le monde social qui pousse à définir des questions qui *se suffisent à elles-mêmes*. Bien entendu, cela ne signifie pas que le débat réductionnisme/anti-réductionnisme soit condamné à ne jamais

¹¹⁶Ce questionnement ne recoupe que de manière très lointaine la question classique de la démarcation entre science et non-science, ou entre science et métaphysique. Le problème n'est pas de savoir ce qui *est* ou *n'est pas* scientifique, mais de comprendre la dynamique réelle de surgissement des questions de recherche au sein du champ scientifique. L'objectif est, pour le moment du moins, plus descriptif que normatif.

constituer un problème authentique. Il est tout fait possible d'imaginer que le fait de se demander si la cellule/le gène est réellement le niveau organisationnel fondamental des systèmes vivants puisse être important pour résoudre d'autres types de problèmes : c'est la position, par exemple, d'un petit groupe de scientifiques, ayant proposé une théorie « organiciste » du cancer (Soto et Sonnenschein, 2011). Selon eux, il est nécessaire de revenir sur le « réductionnisme » de la biologie contemporaine, car il mène à l'échec des thérapies anti-cancéreuses. La question de savoir si la référence à l'organicisme est ici justifiée sort du cadre de ce chapitre (nous aborderons ce point dans la partie 3). Cependant, nous avons là une tentative intéressante de justifier de l'authenticité d'un problème (la présence de niveaux ontologiquement distincts au sein des objets biologiques) en le connectant à d'autres pratiques.

Présentée ainsi, la notion d'authenticité n'a donc rien à voir avec le caractère cognitif ou tourné vers l'utile de la recherche menée. Elle n'a même rien à voir, à la limite, avec une opposition entre la science et la métaphysique. La question de la nature (divine ou humaine) du Christ, dans la philosophie médiévale, définissait un problème certainement authentique, car connecté à un réseau de questions jugées importantes – dont la résolution était un objectif à atteindre. Une question spéculative dans un contexte peut définir un problème authentique dans un autre ; ainsi la pratique scientifique peut tout à fait, dans certains cas, amener à une activité de théorisation « fondamentaliste » : si l'absence d'une définition précise du concept de « gène » (ou de sélection naturelle) semble être un faux problème aujourd'hui, elle pourra éventuellement constituer un obstacle à surmonter à l'avenir.

Il nous semble que le projet de Waters d'une « métaphysique informée par la pratique » est tout à fait légitime, à condition de ne pas opposer abusivement théorie et pratique. L'antagonisme spéculatif/authentique nous semble ici plus approprié. En retour, ce dernier peut être réinterprété à la lumière des exemples développés par Waters. Sera spéculatif *un problème dont la résolution a pas (ou peu) de conséquences en-dehors de lui-même*. À l'inverse, un problème authentique est connecté à un ensemble de questions, ou de pratiques, qui forment le cadre de sa formulation. Il est ici nécessaire, pour préciser cette idée, de distinguer la manière dont se posent les problèmes au sein du champ scientifique et dans le reste de la société. Dans ce dernier cas, la notion de pratique est relativement simple à concevoir : dans un sens très large, elle regroupe toutes les activités individuelles ou collectives ayant cours dans le monde social et susceptibles de rencontrer des obstacles à surmonter. Le mot « problème » peut donc ici sans trop d'inexactitude être employé dans son sens le plus

trivial. Le champ scientifique présente quant à lui cette particularité d'être précisément un lieu dédié à l'enquête, c'est-à-dire à la résolution de problèmes générés en son sein (dans le cours de l'enquête elle-même), *et* éventuellement importés de l'extérieur. La notion d'authenticité, dans le champ scientifique, n'a de sens que si l'on considère la pratique scientifique selon le modèle de l'enquête : la pratique y est toujours tendue, par définition, vers la résolution de problèmes ayant eux-mêmes été formulés dans le cadre d'une autre pratique, enquête menée elle-même dans le but de résoudre un problème...La position de Dewey, et implicitement celle de Waters, est que les scientifiques ne formulent naturellement que des problèmes authentiques. Ainsi conçu, le champ scientifique, en tant que collectif d'individus, ne peut être spéculatif – c'est-à-dire qu'il ne se pose pas de problèmes qui n'aient un intérêt *que pour eux-mêmes*. La manière dont sont susceptibles d'être définis les questions de recherche dépend donc de la situation, au sens deweyien du terme : un certain état des choses, à la fois ressenti subjectivement mais existant indépendamment des individus. Or, cette situation est nécessairement constituée d'un mélange de pratiques que l'on qualifiera, en attente d'une définition plus précise, d'internes, endogènes au champ scientifique et de pratiques qui lui sont extérieures. Il nous semble nécessaire, avant de caractériser les manifestations concrètes et la valeur épistémique de cette interaction (partie 3), de chercher à en dessiner les contours théoriques dans l'hypothèse d'un champ scientifique idéalement imperméable aux problèmes exogènes. Comment peut-on caractériser, sur le plan formel, le réseau de pratiques structurant l'activité scientifique (dans ses dimensions techniques, expérimentales, conceptuelles) et conduisant à définir le caractère authentique (respectivement, spéculatif) des problèmes susceptibles d'être posés ?

IV.3 Réseaux de pratiques et authenticité

Notre détour par la métaphysique inspirée par la pratique de Waters nous a permis de mettre en évidence certains enjeux centraux soulevés par toute approche philosophique visant à décrire la science telle qu'elle se fait. Premièrement, il est nécessaire de penser l'intégration des activités les plus conceptuelles se déployant au sein du champ scientifique au sein des pratiques. Deuxièmement et de manière plus générale, il faut parvenir à caractériser les interactions entre ces différents niveaux de pratiques, en prenant en compte aussi bien celles qui sont propres aux sciences, que celles qui trouvent leur place en dehors du champ scientifique. Enfin, troisièmement, il reste à s'interroger sur les moteurs agissant sur ces pratiques : par quelles forces l'évolution temporelle de ces réseaux de pratiques est-elle et peut-elle être déterminée ? Comme nous l'avons suggéré, le pragmatisme deweyien, en proposant un schéma de la manière dont sont posés les problèmes de recherche, peut

servir de base de réflexion pour aborder ces questions. Afin de l'investir de manière féconde, dressons tout d'abord un rapide état de l'art des réponses qu'y apporte la recherche contemporaine.

IV.3.1 État de l'art : les apports du *practical turn*

Dans le cadre d'une pensée de la science en pratique, comment considérer l'activité purement représentationnelle de la science ? La question est légitime, tant la notion même de pratique présuppose celle d'*action* tendue vers une fin déterminée (Salanksis, 2014). Le défi est alors d'intégrer au champ des pratiques, sur le modèle des pratiques expérimentales, les activités de conceptualisation, de théorisation. Les travaux de Woody (2014) cherchent une voie possible pour cette intégration, dans le cas de la chimie du XIX^e siècle. Son étude porte ainsi sur la nature et les origines des « choix représentationnels faits dans l'expression de la loi décrivant la périodicité des éléments chimiques » (p. 126). La question est la suivante : pourquoi, dans l'éventail des choix possibles pour représenter et conceptualiser cette périodicité, la communauté scientifique a-t-elle donné sa préférence à l'expression proposée par Mendeleev – et au tableau qui porte son nom (p. 128) ? Woody compare en particulier les tables de Mendeleev aux graphes proposés par Julius Meyer (1870). Sa démarche consiste alors à comparer « les types de prédictions et plus généralement d'inférences que ces représentations permettaient de réaliser ». Sa thèse est alors que « pour comprendre pourquoi la table périodique s'est établie dans la communauté, nous devons comprendre quelles pratiques elle a pu rendre possible ou soutenir et comment elle s'est mêlée aux intérêts, capacités, objectifs et connaissances d'arrière-plan de cette communauté » (p. 128). Dans ce cadre, elle montre que le mode de représentation de la périodicité proposé par Mendeleev a la capacité de « guider le raisonnement et l'enquête plus généralement ». Elle précise cependant que cette vertu n'est pas liée au fait que les tableaux périodiques rendraient possibles la construction d'*explications*, ou de lois chimiques, qui seraient fidèles « aux conceptions philosophiques traditionnelles » (p. 143). Il n'y a pas, en particulier, d'« explicitation logique de la loi, [la table périodique] ne révèle pas de structure causale, elle n'identifie pas de mécanisme ». Si le tableau périodique permet de bâtir des explications, c'est au regard d'une signification éminemment contextuelle de ce concept, comme « phénomène social rendant possible la réalisation et le maintien de la cohérence au sein des activités scientifiques » (p. 145). Autrement dit, le choix du tableau de Mendeleev ne peut être justifié par un examen d'une quelconque valeur épistémique intrinsèque de ce mode de représentation, qui serait basé sur une description générale et surplombante de ce qui constitue une bonne explication, ou un loi scientifique. C'est par ce qu'elle permet de faire, par les questions anciennes qu'elle permet de résoudre

et les questions nouvelles qu'elle pose, que la représentation proposée par Mendeleev s'est imposée. Woody note en outre que la communauté des sciences chimiques est constituée, actuellement, d'un grand nombre de sous-disciplines et que chacune d'entre elles est caractérisée par « ses propres pratiques, ses propres objectifs et ses propres modes d'explication » (p. 146). Or, le tableau périodique est utilisée dans toutes ces sous-disciplines ; il est donc délicat de fournir une explication unique de son succès historique : ce dernier ne peut être expliqué qu'en faisant référence à son *utilité* dans un grand nombre de situations. Le point important est que ce terme d'utilité revêt ici une multitude de dimensions – en particulier, il est aveugle à la nature purement cognitive, technique, ou non épistémique (exogène) du rôle que le tableau est amené à jouer. Ainsi, les activités représentationnelles s'intègrent pleinement dans l'économie générale des pratiques scientifiques : elles sont soumises à des objectifs clairement définis, dépendantes des pratiques existantes. Une représentation acquiert une valeur épistémique de par sa *productivité*, comprise comme « les effets possibles et les résultats de l'utilisation de cet outil » (commentaires de Régis Catinaud et Frédéric Wieber sur Woody, 2014, p. 152). Cette productivité peut être jugée à l'aune de deux critères. Le premier a trait à la capacité de la représentation en question à « perpétuer les pratiques dominantes de raisonnement » (*Id.*). Dans ce cas, c'est l'intégration au sein de pratiques existantes qui détermine l'intérêt, ou l'utilité, de l'activité représentationnelle. Selon ce mécanisme, « le pouvoir de la table [de Mendeleev] dépend des pratiques collectives partagées par la communauté, mais celle-ci, en retour, supporte et renforce ces pratiques ». Cependant, Régis Catinaud et Frédéric Wieber ajoutent un second critère possible : comme toute pratique scientifique, cet « artefact théorique aurait pu conduire à de nouvelles réalisations et à des pratiques innovantes » (*Id.*). Dans ce cadre, la question qui se pose est celle de la manière dont ces nouvelles pratiques sont susceptibles de trouver une place au sein des pratiques existantes, ou au contraire, d'être collectivement marginalisées. Ce problème rejoint celui, plus général, des sources du conservatisme. De toute évidence, il manque une description des moteurs de la recherche et des mécanismes (internes et externes au champ scientifique) présidant à la sélection des pistes à suivre.

Les travaux de Woody sont intéressants en ce qu'ils contribuent à construire une vision plus large de la notion de pratique que celle que l'on trouve chez des auteurs comme Waters (2014). En particulier, ils offrent un cadre permettant de penser l'utilité potentielle des perspectives « fondamentalistes » : plus que le degré de généralité ou la volonté de théorisation, c'est l'intégration comme outil au sein de pratiques existantes qui sert de critère de sélection. En ce sens, il y a continuité entre les différents types de pratiques (expérimentales, techniques, conceptuelles) se déployant

au sein du champ scientifique. En première approximation, notons que l'on peut ici caractériser comme pratique toute activité (technique, physique, conceptuelle...) tendue vers un but et ayant un certain degré de dépendance, dans les fins visés et dans les moyens mis en œuvre, vis-à-vis des autres pratiques. Cependant, une description plus précise de ce qu'*est* être un outil productif semble nécessaire. Plus généralement, c'est la pensée de l'intégration de ces différents types de pratiques au sein d'un réseau cohérent qui est en jeu : si tout, dans le champ scientifique, est assimilable à une pratique et s'intègre en tant que telle dans la dynamique de la recherche, comment peut-on formaliser, schématiser, les interactions de ces pratiques dans la détermination des orientations prises par le champ scientifique¹¹⁷ ?

Bâtir un « cadre philosophique *structuré* et *précis* pour parler des pratiques scientifiques », telle est l'ambition de Chang (2014). Tout comme Woody, il s'agit pour Chang de reconnaître une *unité* dans « le travail scientifique », depuis la « plus pure théorisation » jusqu'aux aspects les plus techniques de l'expérimentation. Le principe unificateur est celui d'« action », désignant tout à la fois des opérations « mentales » ou « physiques » (p. 68). L'enjeu est dès lors de proposer une « grammaire des pratiques scientifiques » qui prenne en compte leur similarité de structure et leur « hétérogénéité ». L'un des modèles que Chang utilise ici est celui formulé par Hacking (1992), qui donne la liste des éléments entrant dans les pratiques expérimentales et dont les interactions génèrent la stabilité des sciences de laboratoire qu'il cherche à expliquer (questions, connaissances d'arrière-plan, détecteurs, outils, données, etc.). Pour Chang, une fois reconnue l'existence de différents « types d'éléments », reste encore à formaliser une grammaire permettant de penser la manière dont ces derniers interagissent entre eux pour constituer une « structure ». En particulier, il s'agit de comprendre comment les décisions prises impliquent un ajustement de l'ensemble de ces éléments. Chang propose alors de considérer des « systèmes de pratiques scientifiques », constitués d'« activités épistémiques » (p. 72). Il définit une activité épistémique comme « un ensemble plus ou moins cohérent d'opérations physiques ou mentales qui ont pour objectif de contribuer à la production ou à l'amélioration des connaissances, en accord avec certaines règles (qui peuvent ne pas être articulées) » (*Id.*). Les agents épistémiques s'inscrivent dans ce système en poursuivant « des objectifs identifiables » dont la présence distingue « des activités de simples événements physiques

¹¹⁷Rappelons que dans cette partie, nous considérons surtout les caractéristiques épistémiques que manifeste(ra)it un champ scientifique idéalement libre et imperméable aux influences extérieures. Les conséquences d'une intégration des pratiques externes au champ scientifique seront examinées dans la partie 3.

impliquant des êtres humains ». D'autre part, ces activités épistémiques ne se déploient pas de manière isolée. Chacune d'entre elle est pratiquée en relation avec les autres, faisant système. Le point important est que l'on peut juger de la cohérence à la fois des *activités* et des *systèmes* à l'aune de leur capacité à accomplir les objectifs poursuivis. Précisons un peu la nature de ces concepts.

Afin d'illustrer la notion de cohérence d'une activité, Chang mobilise un cas simple – un individu craquant une allumette. L'ensemble des actions déployées pour mettre le feu à une allumette s'inscrivent dans une activité dont la cohérence définie par le fait que « l'ensemble des choses que je fais (ou que je ne fais pas) mène à son allumage » (p. 72). Une activité donnée possède un objectif interne, mais également une « fonction externe » (allumer un Bec Benzène, par exemple), qui est « ce que les différents agents veulent réaliser par le biais de l'exécution de cette activité ». Bien évidemment, la hiérarchisation système – activités – opérations est contextuelle et relative : à un objectif donné correspond un système de pratiques, constitué d'activités distinctes, elles-mêmes menées à bien au travers d'opérations. L'intérêt du schéma proposé par Chang est qu'il insiste sur le fait que chaque pratique (au sens le plus général du terme, que Soler, 2014, dans son commentaire critique, associe à une « unité d'action » [p. 82]) possède tout à la fois un certain degré d'indépendance (défini par l'objectif local qu'elle poursuit) et s'inscrit dans un système dont la *cohérence* lui donne son sens. Afin de bien saisir cette notion de système de pratique, il peut être opportun de revenir au cas d'étude présenté dans le chapitre précédent (les travaux d'Avery). Un cadre général dans lequel Avery et son équipe menaient leurs activités était l'étude des pneumocoques, avec comme objectif la mise au point de traitements (vaccins). Cette fonction externe a conditionné le développement d'un système de pratique dédié au phénomène de transformation. Au sein de celui-ci, plusieurs autres pratiques se sont développées, avec comme objectifs l'isolement du facteur transformant (regroupant là-aussi plusieurs activités distinctes), ou la mise au point et l'amélioration de protocoles permettant de rendre visible le phénomène de transformation comme objet de laboratoire (choix des milieux de culture, etc.). Chacune de ces activités (qui sont elles-mêmes des systèmes de pratiques) sont pourvues de fonctions externes et d'un objectif interne, constituant sa fin propre. Comme nous le soutiendrons dans la suite de ce chapitre, la notion de conservatisme pratique peut dès lors se comprendre, en utilisant le formalisme de Chang, comme fermeture des pratiques sur leurs objectifs internes, au dépend d'une part de leurs fonctions externes et surtout des objectifs internes des autres pratiques avec lesquelles elles coexistent.

Outre le flou pouvant entourer cette notion de cohérence, une des difficultés posées par le modèle de Chang concerne les moteurs même guidant la détermination et l'évolution des objectifs poursuivis d'une part, et des règles mobilisés, d'autre part. Par essence, les pratiques scientifiques constituent des « activités ouvertes, flexibles, évolutives et créatives » (p. 86). Comment l'imbrication des systèmes – activités – opérations est-elle susceptible de se modifier, de se ré-aménager au fil du temps – ou des découvertes, des observations imprévues, des idées innovantes ? Comment, finalement, sont fixées les « fonctions externes » guidant chaque unité d'action ? Il manque ainsi, au schéma de Chang, un aspect dynamique restituant les pratiques scientifiques dans leur logique évolutive.

De manière plus générale, ces difficultés sont relevées dans d'autres tentatives de présentation d'un schéma général pour penser la science comme pratique. Ainsi, Rouse (2014) note-t-il, à l'instar de Chang, que l'entreprise scientifique laisse apparaître une articulation entre des pratiques hétérogènes, mais connectées (p. 279), depuis « les systèmes expérimentaux jusqu'aux domaines les plus conceptuels de la recherche ». Dans ce cadre, pour Rouse, les objectifs unifiant ces pratiques sont définis par leur « utilité pour résoudre les problèmes scientifiques actuels, ou par leur capacité à ouvrir de nouvelles opportunités intéressantes d'enquête » (Soler, 2014, p. 38). En particulier, ces objectifs ne sont pas d'abord définis par la recherche d'un « système consensuel de connaissances sur le monde extérieur ». Cette idée est typique des travaux s'inscrivant dans la lignée du *practical turn* : il existe un écosystème de pratiques scientifiques, qui ne peut être appréhendé si l'on adopte une vision simpliste des objectifs de la science comme construction d'un savoir général, cohérent et articulé. Pour autant, Rouse et Chang insistent sur la cohérence des systèmes de pratiques. Il existe donc une tension entre « le caractère désunifié des pratiques et objectifs poursuivis et la manière dont ces pratiques divergentes restent néanmoins mutuellement interconnectées » (*Ibid.*, p. 279). Cette tension est d'autant plus frappante que l'on considère la plus petite échelle de l'organisation sociale du champ scientifique – le chercheur individuel. Ce que l'on considère comme étant les « sujets, affirmations, outils et questions » structurant le champ scientifique dans un contexte donné sont en réalité « déterminés par les jugements divergents des praticiens à propos du rôle qu'ils peuvent jouer dans la recherche future ». Autrement dit, le mystère reste entier : comment ces différents registres de pratiques tiennent-ils ensemble, forment-ils un tout cohérent ? Bien qu'insistant sur le fait que la science est avant tout un processus de recherche, une enquête (*Ibid.*, p. 296) transformant notre connaissance du monde, le monde lui-même et en conséquence, les pratiques scientifiques, Rouse

ne donne pas de description du *moteur* animant et maintenant connecté ce réseau de pratiques. Dans la section suivante, nous voudrions suggérer qu'un retour à l'une des sources philosophiques du *practical turn* (la logique pragmatiste de l'enquête) peut permettre de donner une interprétation renouvelée et de proposer des solutions à ces questions.

IV.3.2 Quel moteur pour l'enquête ? Un retour à Dewey

Dans l'état actuel des débats touchant au *practical turn*, une difficulté centrale semble se manifester. La tendance est en effet de concevoir la science avant tout comme un ensemble, un réseau de pratiques et ce qu'est une pratique est définie sur le modèle de l'action. Bien que la question demeure vive de savoir ce qu'est, exactement, une action (Salanksis, 2014), cette notion recouvre l'idée d'une (ou d'un ensemble) d'opération(s) (éventuellement, physique ou mentale), tendues vers un but et mobilisant les moyens adaptés à sa réalisation. Dans ce cadre, si l'on reconnaît l'existence d'une diversité de pratiques, il faut bien reconnaître l'existence d'une diversité d'objectifs. En particulier, dire que la science a pour finalité de construire une connaissance du monde satisfaisant à des critères épistémiques fixés (la cohérence, l'adéquation empirique, la généralité) ne suffit pas. Mais alors, quels sont les objectifs motivant la recherche ? Comment et pourquoi les pratiques scientifiques se déploient-elles ? Cette question est évacuée, par Chang, en invoquant l'existence de « fonctions externes » à chaque activité. Mais quel moteur définit ces fonctions externes ? De même, l'ambition de Rouse (2014) est de participer à une forme de naturalisation des pratiques scientifiques, en considérant que celles-ci doivent être « situées dans un contexte biologique » (p. 296), qu'elles « font partie de la nature ». Cependant, il ne précise pas plus quels sont ces mécanismes naturels qui motivent et orientent l'enquête. Finalement, en abandonnant l'idée selon laquelle les objectifs épistémiques de la science se suffisent à eux-mêmes pour rendre compte de la dynamique de la recherche, le *practical turn* n'a pas offert de conception alternative des moteurs de l'enquête. Comment se définissent les différents types d'objectifs, individuels et collectifs et leur interaction au sein d'un système cohérent de pratiques ?

Nous suggérons ici que la philosophie pragmatiste peut permettre de compléter les apports contemporains du *practical turn*. Comme Rouse (2014), Dewey naturalise le processus d'enquête, en l'ancrant dans une disposition biologique visant à rétablir l'équilibre entre l'organisme et son milieu. Dans le cas de l'enquête scientifique, c'est l'expérience d'une indétermination exigeant d'être traitée qui vient perturber cet équilibre. Ces indéterminations peuvent être de natures multiples : doute

intellectuel, obstacle technique, échec expérimental, résultat inattendu... Le point important est, d'une part, qu'elles émergent dans le cours d'une pratique, et, d'autre part, qu'elles ont à la fois une dimension de subjectivité et d'objectivité. La subjectivité intervient en tant que sentiment d'une indétermination (ressenti d'un doute, ou confrontation à un obstacle effectif ou prévisible); mais celle-ci n'empêche pas l'objectivité, car comme Dewey le note à plusieurs reprises, la situation elle-même est indéterminée. Le rôle du scientifique, en tant qu'individu, est donc avant tout d'identifier des indéterminations et de les problématiser, de manière à ce qu'elles soient reconnues comme telles par l'ensemble de la communauté concernée. Il y a donc bien un investissement subjectif du chercheur, correspondant à la curiosité pragmatiste, soit l'art d'identifier et de problématiser les indéterminations. Ces dernières, comme nous l'avons noté, peuvent être de différentes natures : instabilité théorique, observation imprévue, obstacle technique... Une première contrainte pèse donc sur l'identification de ces indéterminations, qui surgissent d'une pratique existante. Mais ce principe n'est pas suffisant. En effet, comme nous l'avons montré, si la plupart des dimensions de l'activité scientifique doivent être considérées comme des pratiques, pourquoi la tradition pragmatiste (en particulier, celle de Peirce et de Dewey) semble-t-elle exclure les interrogations montant d'une âme solitaire, en l'absence de toute activité empirique ? Ici, la notion de réseau, ou de système de pratiques (Chang, 2014) est pertinente : c'est l'interconnexion entre les pratiques qui définit l'*authenticité* d'un problème. C'est ici que la part individuelle, subjective et collective, de la recherche, peuvent trouver un point de jonction. L'exigence de résolution d'une indétermination surgissant au sein d'une pratique (ou d'une « activité épistémique ») va dépendre des autres pratiques existantes. Corrélativement, les indéterminations surgissant localement sont susceptibles de modifier l'ensemble des pratiques. Si l'on interprète cette idée dans le lexique de Chang (2014), on dira qu'un obstacle qui surgit dans une « opération » donnée peut ré-orienter le « système de pratiques » au sein duquel elle s'inscrit. Si l'on ajoute à cela l'idée que ce réseau de pratiques inclut tout aussi bien les aspects les plus techniques, opératoires, que les activités de conceptualisation, de représentation, de théorisation, on obtient un modèle complexe, interactif, évolutif, dont le moteur est avant tout la curiosité des chercheurs individuels. Le point central, ici, est que cette notion de curiosité doit être comprise dans sa dimension pragmatiste, comme nous l'avons détaillé dans le chapitre précédent. Le concept d'obstacle, ou d'indétermination, vécu, possède donc deux vertus. En premier lieu, il permet de penser l'articulation des différents niveaux d'objectifs guidant la recherche – et en particulier, de l'individuel et du collectif. Outre son rôle de contrôle sur la qualité des connaissances produites ou des méthodes utilisées, la communauté scientifique (une communauté scientifique idéalement libre)

tend à filtrer et sélectionner les problèmes jugés importants à résoudre au regard de l'état du réseau des pratiques scientifiques.

Deuxièmement, la logique pragmatiste fournit également un moteur à l'enquête : cette dernière s'ancre dans l'identification d'indéterminations objectives surgissant des pratiques en cours. Ce moteur est, chez Dewey, naturalisé : il s'agit d'un besoin biologique de rétablir l'harmonie des interactions entre l'organisme et son milieu. En ce sens, c'est bien la curiosité individuelle qui motive la recherche. Cependant, à l'inverse des argumentaires pro-liberté valorisant un pur désir d'exploration de l'inconnu comme source psychologique du progrès scientifique, la curiosité n'est pas ici un appel à la connaissance, mais à la résolution d'une situation problématique au sein d'une pratique existante. Cela ne veut pas dire qu'un attrait pour le savoir en général, ou pour tel ou tel domaine d'étude (la biologie, la physique des particules, etc.), ne rentre pas en compte dans les motivations individuelles, mais que cette volonté de connaître ne dit finalement pas grand chose des forces qui, au quotidien, orientent la recherche. Ainsi, si une *libido sciendi* peut être invoquée pour rendre compte de l'activité scientifique, elle n'est pas suffisamment discriminante pour expliquer la genèse des problèmes réellement traités par la communauté scientifique. Ce point, classique dans la littérature se revendiquant du *practical turn*, trouve ici un versant positif : si le désir de connaissance n'explique pas la marche des sciences, la curiosité, au sens pragmatiste du terme, doit être prise au sérieux comme moteur de l'enquête – comme source d'innovation, de créativité et plus généralement, d'évolution du réseau de pratiques.

Plusieurs remarques s'imposent à ce stade. D'une part, ce type de schéma ne constitue qu'une hypothèse visant à compléter les modèles développés dans la littérature sur le *practical turn* (Chang, 2014 ; Woody, 2014 ; Rouse, 2014). Cependant, il semble que différents exemples historiques en illustrent la pertinence. Le cas de la découverte d'Avery, détaillé dans le chapitre III, peut ici être mobilisé. Les exemples développés par Waters sont également intéressants. En particulier, son analyse du programme de Morgan en génétique de la *Drosophila* illustre parfaitement le type de dynamique de recherche prédit par la logique pragmatiste. Un objectif général – dresser des cartes de distance génétique – s'intégrant lui-même dans un système de pratiques qui nous détaillerons dans la partie suivante, sert de « fonction externe » à un ensemble d'activités interconnectées. Parmi elles, comme le décrit Waters (2008b), on trouve la stabilisation des stocks de drosophiles, le maintien d'un taux constant de *crossing-over*, des techniques de comptage des phénotypes, etc. Le point important est que l'identification et le traitement des obstacles au sein de ces pratiques est mis sous la dépen-

dance de ce réseau de pratiques. Ainsi, l'observation de la variabilité du taux de *crossing-over* n'a pas donné lieu à une enquête visant à en expliquer les mécanismes sous-jacents, mais à un bricolage expérimental permettant d'éliminer les sources de variabilité. La fonction externe de l'activité expérimentale (mesurer des distances génétiques) a ainsi contraint la formulation des problèmes à résoudre. Rappelons que le traitement historique de la découverte d'Avery a suivi exactement la même logique : tout comme celle des processus biologiques sous-jacents au phénomène de *crossing-over*, la question de la structure chimique de l'information génétique était, contextuellement, spéculative.

D'autre part, nous l'avons vu, l'un des problèmes soulevés dans la littérature récente s'attachant à décrire la science *en pratique* est celui de l'hétérogénéité de ces pratiques. De cette hétérogénéité découle deux types distincts de travaux de recherche. Une première classe d'études s'attache à décrire, dans des contextes locaux, l'interaction des pratiques ayant amené à l'obtention d'un résultat donné, à la formulation ou à la diffusion d'un modèle, d'une théorie (Woody, 2014). Parallèlement, on note l'existence de tentatives visant à proposer des cadre plus formels pour penser le déploiement et l'interconnexion des pratiques au sein du champ scientifique (Chang, 2014 ; Rouse, 2014). Toute réflexion sur la science en pratique doit donc faire face au défi suivant : si tout est assimilable à une pratique, depuis les aspects les plus techniques de l'ingénierie de l'expérimentation scientifique, jusqu'aux activités conceptuelles¹¹⁸, comment rendre compte de la dynamique des sciences sans entrer dans un excès de précision, ni tomber dans des généralités sans grande utilité ? Peut-on hiérarchiser, classer les pratiques scientifiques, d'une manière qui soit opératoire pour penser la dynamique des sciences ? Dans un esprit fidèle au *practical turn*, il nous semble que le bon niveau de précision dépend ici du type de question que l'on se pose. Notre objectif, dans cette partie, est de proposer une perspective générale sur les sources endogènes du conservatisme en science, avec en arrière-plan, l'ambition de montrer que la liberté individuelle n'est pas, en elle-même, un gage de fécondité épistémique.

IV.3.3 La notion de fécondité épistémique : approche pragmatiste

Nous avons vu, dans le chapitre I, que la notion de fécondité épistémique s'appliquait classiquement (chez Kuhn, Lakatos ou McMullin) aux théories scientifiques et désignait leur capacité à conduire à la formulation et à la résolution de nouvelles questions ou de nouveaux problèmes de re-

¹¹⁸Si l'on suit notre critique des travaux de Waters – ainsi que de la lecture que font Peirce et Dewey de la notion de pratique – il est même permis, en droit, d'intégrer les activités les plus « fondamentalistes » (par exemple, les débats d'ordre métaphysique) dans le réseau des pratiques scientifiques.

cherche (Schindler, 2017). Il nous semble que la perspective pragmatiste que nous développons peut nous permettre de préciser cette définition et de la rendre plus adaptée à la dynamique du processus de recherche. Dans son acception traditionnelle, la notion de fécondité ne fait pas référence aux facteurs intrinsèques contraignant spontanément le type de problème méritant d'être posé. Or, nous avons suggéré que seuls les problèmes authentiques (présentant un intérêt pour un grand nombre de pratiques en cours) tendaient à être formulés et traités. Nous proposons donc de considérer *la fécondité épistémique du processus de recherche (et par extension, du champ scientifique comme ensemble des activités épistémiques) comme sa capacité à bien poser des problèmes authentiques*. Notons que cette définition permet également de répondre aux critiques de Schindler (2017) contre les approches classiques, centrées sur la théorie, de la notion de fécondité. Notre approche pragmatiste ancre en effet la fécondité au sein des pratiques scientifiques, dans toutes leurs dimensions – techniques, expérimentales, représentationnelles. Comme nous le verrons dans la partie suivante (3), elle permet également d'intégrer à l'analyse des conditions favorables à la fécondité de la recherche le rôle des problèmes et questions identifiés à l'extérieur du champ scientifique, défini comme lieu privilégié des activités épistémiques. Afin de rendre plus claire cette notion d'authenticité (par opposition à ce qui relève de la spéculation), poursuivons notre renouvellement de la logique deweyenne : comment concevoir précisément le conservatisme de l'entreprise scientifique ?

IV.4 Situation et conservatisme pratique

Rappelons que dans la perspective ouverte par Dewey, la mise en avant de la notion de pratique pour rendre compte de l'activité de recherche ne s'accompagne pas d'une pensée explicite de l'interaction entre ces pratiques. Or, nous avons montré qu'il était nécessaire, à la suite des penseurs contemporains du *practical turn*, de prendre en compte le réseau des pratiques dans son ensemble pour donner un sens satisfaisant à l'antagonisme authentique *vs.* spéculatif. De manière intéressante, la notion de situation contient en germe une telle conception étendue et interactive des pratiques.

IV.4.1 La situation comme système de pratiques

Dans sa volonté de lire Dewey comme un penseur de la « science en pratique », Brown illustre ainsi la notion de situation :

Considérons l'exemple suivant : un biologiste dans un laboratoire, engagé dans une expérience donnée. À côté de lui, on trouve sa paillasse, un rat (récemment euthanasié), des composés chimiques, un scalpel, une pipette (...). L'objectif est la

préparation de lames minces pour observer l'effet anatomique d'un processus ayant débuté plusieurs semaines auparavant, durant lequel un traitement expérimental a été imposé à certains rats. Ces événements font partie de la situation, de même que le reste des rats vivant dans leurs cages dans une autre partie du laboratoire. Le microscope que notre biologiste utilisera bientôt en fait également partie ; certaines de ses caractéristiques techniques gouvernent d'ailleurs la manière dont cette activité est menée. Plus largement encore, la situation inclut les autres membres du laboratoire collaborant à cette expérience, les articles publiés dont les éléments manquants ou problématiques sont le moteur immédiat de cette recherche (Brown, 2012, p. 271-272).

On conçoit bien, à la lecture de ce passage, comment la notion de situation recoupe largement celle de « système de pratiques » que l'on peut trouver, notamment, chez Chang (2014). La préparation des lames minces constitue une activité épistémique, s'intégrant, avec d'autres activités (l'élevage et les traitements imposés au rat, la mise au point de techniques d'observation et de mesure), dans un système répondant à une fonction externe – les « éléments manquants ou problématiques » dans les articles publiés. Bien entendu, ce système est sans doute lui-même une activité particulière dans un système plus général, pouvant avoir comme fonction la réponse à une question strictement épistémique, touchant à l'organisation et au fonctionnement du monde vivant, ou ayant une utilité non scientifique (trouver un traitement à une pathologie). Comme dans les travaux précédemment évoqués, on trouve un souci de penser une forme de commensurabilité entre ces différents types de pratique, qui forment un tout cohérent. Chez Dewey, cette commensurabilité est rendue possible par la structure générale de l'enquête : toute pratique vise à résoudre un problème (à lever un doute, à surmonter un obstacle, à corriger une théorie ou un modèle) objectif (c'est-à-dire, partagé, au moins en droit, par une communauté). Le fait de reconnaître « un élément manquant ou problématique » dans un article est du même ressort que l'identification et la problématisation d'un obstacle technique lors de la réalisation d'un protocole expérimental.

Il nous semble cependant que la notion de situation apporte quelque chose de plus par rapport à celle de *système de pratiques*. Si ce dernier concept se veut un outil d'analyse objective de l'état des pratiques à un instant donné, l'idée de situation va de pair avec celle de l'*expérience* de l'indétermination. Par ce biais, elle introduit un principe d'évolution des objectifs et donc, des pratiques. En effet, toute pratique constitue une source potentielle d'indétermination, apte à motiver la formulation de nouveaux problèmes et donc à renouveler le réseau des pratiques. Afin d'aller plus loin dans cette analyse, il est nécessaire de préciser la nature de ces pratiques, telles qu'elles se déploient au sein du champ scientifique.

IV.4.2 Les trois niveaux de la pratique scientifique

Le tournant pratique de la philosophie des sciences s'est tout d'abord manifesté, dans le cadre du « nouvel expérimentalisme » par une analyse de « la vie propre » des pratiques expérimentales (Hacking, 1983). Dans le champ de la biologie, les travaux de Waters constituent un bon exemple d'une telle démarche. Comme nous l'avons noté, sa description du programme de recherche de l'équipe de Morgan autour de la drosophile fait des scientifiques d'habiles ingénieurs, aptes à stabiliser des protocoles expérimentaux afin d'élaborer des modèles explicatifs de phénomènes locaux. Il semble pertinent de supposer que la pratique expérimentale, avec ses dimensions techniques et ses mécanismes de stabilisation (Hacking, 1983) constitue sans doute un ensemble de pratiques à part. Comme le concède Waters, bien que ces pratiques aient leur propre logique, qu'elles développent une série de solutions à des problèmes qui leur sont propres, elles entretiennent une certaine connexion (dépendante du contexte) avec un autre type de pratique, désignée dans la littérature sous le vocable d'activités conceptuelles, ou représentationnelles (Soler, 2014 ; Nordmann, 2015). Ces dernières regroupent la formulation de modèles, de lois, le développement de concepts, l'articulation de théories plus ou moins générales. De ces deux premières couches constituant la situation au sein du champ scientifique, on conçoit sans mal que puissent émerger des indéterminations, des doutes, des « perplexités » qui seront problématisées et orienteront l'enquête. On conçoit également sans mal comment peut se jouer l'équilibre entre indépendance et interconnexion. La mécanique des pratiques expérimentales révèle des objectifs internes (l'isolement d'un phénomène, la stabilisation d'un protocole, la constitution d'un support expérimental, d'une technique d'observation) ; leur réalisation est source de problèmes dont la résolution peut être autonome vis-à-vis cadre théorique en vigueur (par exemple, la stabilisation du taux de *crossing-over* dans le cas des travaux de Morgan). De même, les activités conceptuelles n'ont pas, en droit, comme seul objet la formulation d'hypothèses à tester¹¹⁹. Mais dans le même temps, comme l'a bien montré Hacking (1983, 1992), il existe des interactions nombreuses et bidirectionnelles entre les dimensions théoriques (ce que Hacking, 1992 nomme les « connaissances d'arrière-plan », soit la science comme ensemble articulé de propositions) et expérimentales de la recherche. C'est par ce processus que se stabilisent et que s'auto-justifient, comme style de raisonnement, les sciences de laboratoire. Nous donnerons une interprétation pragmatiste

¹¹⁹Le commentaire, par Catinaud et Wieber, du texte de Woody (2014) sur les pratiques représentationnelles en chimie donne des exemples pertinents de pratiques conceptuelles décorrélées de tout lien envisageable à l'expérience.

à ce phénomène de stabilisation, afin de préciser le concept de conservatisme pratique. Avant cela, il nous semble nécessaire de compléter notre typologie générale des pratiques scientifiques.

Après les activités expérimentales et conceptuelles, il semble possible de monter encore d'une marche dans l'abstraction – marche qu'il nous semble légitime d'intégrer au champ des pratiques scientifiques, bien que certains auteurs attachés à la une lecture radicale du *practical turn*, comme Waters, l'exclurait comme « fondamentaliste ». On peut caractériser cette troisième couche comme une forme de retour critique sur *l'ensemble des connaissances et sur leur mode de production*. Par exemple, la critique du réductionnisme en biologie rentre dans ce cas de figure. Bien que, comme nous l'avons noté, il y ait un risque, à ce niveau, de se détacher de la situation et de ne générer que des questions spéculatives, on ne peut exclure d'emblée la possibilité qu'un tel niveau produise des problèmes authentiques. Indépendamment de la question de savoir si la réflexion sur le « réductionnisme » ou le « déterminisme génétique » est susceptible d'influer concrètement ou non la dynamique de la recherche (ce que nous discuterons dans le chapitre VIII), il faut bien admettre qu'il existe une tendance naturelle des chercheurs à relever des indéterminations à ce niveau de généralité. Si l'on écarte, comme le ferait Waters, le cas des philosophes critiques du réductionnisme (on pense, notamment, à Evelyn Fox-Keller (Fox-Keller, 2000), des scientifiques ont en effet bâti leur *pratique* sur une critique des cadres conceptuels en vigueur. Citons le cas de Kupiec. Dans un premier ouvrage, paru en 2000 et au évocateur de *Ni Dieu ni gène* (Kupiec, 2000), le biologiste et épistémologue développe l'hypothèse mettant à l'honneur la notion d'expression stochastique des gènes, contre le « déterminisme génétique ». Pour l'auteur, l'image d'une expression des gènes parfaitement déterminée, dans chaque cellule, par l'état physiologique et les signaux hormonaux présents dans le micro-environnement tissulaire est trompeuse. En réalité, les gènes ont une certaine probabilité de s'exprimer dans des conditions données. Cette probabilité, bien que dépendant de signaux extérieurs, interdit de penser une population de cellules comme une armée de clones ayant les mêmes caractéristiques phénotypiques. Le comportement d'un tissu doit être pensé en terme de champ moyen, c'est-à-dire comme le résultat du comportement aléatoire de milliers de cellules. Après avoir appliqué cette idée au développement embryonnaire, Kupiec s'intéresse, à partir de 2006, à la croissance des cancers et en déduit une théorie darwinienne de la prolifération tumorale. Son argument repose notamment sur un travail de modélisation conjointe de l'embryogenèse et de la croissance tumorale (Laforge *et al.*, 2005). L'idée est la suivante. Deux types cellulaires A et B coexistent et synthétisent des molécules qui peuvent soit agir sur elle-mêmes, soit sur les cellules

voisines. Ces molécules peuvent faciliter la survie et la prolifération ou initier la mort cellulaire. En faisant varier les taux de synthèse et de consommation de ces molécules, les auteurs ont pu générer des tumeurs, qui croissent plus ou moins vite en fonction de la valeur des paramètres du modèle. Autrement dit, une variation qualitative (telle une mutation rendant une protéine dysfonctionnelle) n'est pas nécessaire pour engendrer un cancer. Une modification quantitative de la quantité de protéines produite, des taux de diffusion entre les cellules, peut entraîner un déséquilibre tissulaire. L'important est qu'une grande diversité de phénotypes cellulaires peuvent apparaître par ce processus. L'état du milieu (paramètres du modèle) agit comme une pression de sélection aidant à la prolifération des phénotypes viables et conduisant à la disparition des autres. Cette idée propose une solution au problème (théorique) de l'hétérogénéité des phénotypes tumoraux : des modifications du milieu déstabilisent l'équilibre tissulaire et sélectionnent des phénotypes que l'expression stochastique des gènes a rendu avantageux. L'intérêt principal de ces travaux est d'introduire l'idée que des modifications de l'état du tissu et du micro-environnement cellulaire ont un rôle dans la sélection et le développement de cellules potentiellement tumorales. En conséquence, il devient nécessaire de considérer la croissance tumorale non plus au niveau d'une cellule unique ayant subi des mutations, mais au niveau du tissu. Bien entendu, il est toujours possible de remettre en cause le fait que la réflexion générique sur le déterminisme ait été *authentiquement* le moteur de la recherche menée par Kupiec. Il serait cependant illogique de l'exclure en droit du champ des pratiques scientifiques.

Un argument proche de celui que nous développons ici a été théorisé par Daniel Andler sous l'appellation de « double visée des chercheurs »¹²⁰. L'idée que défend Andler est qu'en plus de leur activité traditionnelle de recherche en laboratoire, les scientifiques développent une réflexion générique portant sur la production des connaissances elle-même. Il existe donc une double visée, correspondant à l'existence de deux objets d'étude : le monde naturel et le corpus constitué par la littérature scientifique. Notons que l'existence de cette double visée est illustrée par les travaux d'Andler lui-même, lorsque ce dernier s'interroge sur la valeur du « naturalisme » comme programme général guidant la recherche (Andler, 2016).

Il nous semble que cette double visée des chercheurs peut s'intégrer, de manière plus générale, à notre conception tri-dimensionnelle des pratiques scientifiques. D'autre part, nous voudrions main-

¹²⁰Présentation au 6e Congrès de la Société de Philosophie des Sciences, 29 juin 2016.

tenant défendre l'idée selon laquelle les interactions entre ces niveaux de pratiques sont réglées par un principe de stabilisation découlant directement de la logique pragmatiste de l'enquête.

IV.4.3 Le conservatisme comme résultat de la fermeture des pratiques

Même sans entrer dans le niveau de détail auquel nous convie Hacking (avec un tableau de 15 types de pratiques caractérisant les sciences expérimentales [Hacking, 1992]), cette logique pragmatiste permet, tout d'abord, de donner une interprétation claire du phénomène de stabilisation des pratiques expérimentales qu'il cherche à expliquer. Si l'enquête est motivée par l'émergence et l'identification d'une indétermination dans le cours d'une pratique, cette indétermination n'existe réellement qu'en tant qu'elle constitue un obstacle réel. Seule la levée de cet obstacle possède alors de l'importance : l'ouverture d'une nouvelle piste de recherche est dès lors assujettie à son *utilité* pour les pratiques existantes. L'ajustement mutuel de ce qu'il nomme l'*apparatus* et des connaissances d'arrière-plan que décrit Hacking peut être conçu comme une expression concrète de cette logique interne de l'enquête. Cette dernière a une conséquence similaire sur les activités conceptuelles : le conservatisme représentationnel mis en évidence par Kuhn ou Lakatos peut s'expliquer en terme de stabilisation d'un paradigme ou d'un programme de recherche. Tant que ce dernier parvient à conserver sa fécondité – à poser des problèmes nouveaux et à y répondre – les pratiques qu'il soutient se maintiennent. Les anomalies se manifestant au sein d'un certain bagage épistémique (théorie, modèle, représentation) sont autant d'indéterminations faisant obstacle à son *utilité* : lorsque ces obstacles ne peuvent plus être résolus en conservant le cadre conceptuel en vigueur, celui-ci finit par être plus ou moins profondément modifié. Ainsi, le « bricolage » expérimental dénoncé par Raynaud (2016) et mis en valeur par Waters (2008b) dans le cas de la recherche en génétique est de même nature que l'usage d'hypothèses *ad hoc* chez Popper, ou que la « ceinture protectrice » dans l'épistémologie de Lakatos : dans tous les cas, il s'agit de stabiliser et de protéger un ensemble de pratiques en cours.

Finalement, avant que de découvrir du nouveau, d'explorer l'inconnu, de construire des connaissances, les pratiques scientifiques chercheraient avant tout à se maintenir. Ce principe doit être conçu comme s'appliquant à une communauté de chercheurs évoluant au sein d'un réseau de pratiques : toute indétermination relevée au sein d'une pratique singulière ne peut prétendre à donner forme à un problème authentique – ou ayant un degré important d'authenticité. Cette remarque est d'autant plus importante que l'on considère l'existence d'un niveau non empirique de pratique scientifique – la « seconde visée des chercheurs ». En effet, ce dernier peut faire émerger des questions, des interro-

gations (portant par exemple, pour reprendre un cas déjà évoqué, sur la justification ontologique du réductionnisme) qui sont *spéculatives*, dans le sens où leur résolution n'apparaît pas comme importante pour les autres pratiques en cours. Nous illustrerons cette idée dans la partie 3 en montrant l'existence d'un anti-réductionnisme spéculatif n'ayant pas d'effet épistémiquement positif sur les pratiques scientifiques. Ce maintien est permis par une forme de *fermeture des pratiques (ou des systèmes de pratiques) sur leurs objectifs internes, au dépend des autres pratiques avec lesquelles elles co-existent*. Si l'on reprend l'exemple d'Avery, ce dernier s'est focalisé sur une des pratiques développées dans le cadre de son étude de la transformation bactérienne : la mise au point de protocoles permettant la manifestation de la transformation comme phénomène de laboratoire. Si l'on prend un peu de distance, et que l'on considère d'autres systèmes de pratiques co-existant avec celui d'Avery, comme les travaux du groupe du phage ou encore ceux des généticiens classiques, on observe que ce choix relève d'une fermeture sur les pratiques existantes. Cette fermeture n'est pas l'apanage d'Avery, puisque comme nous l'avons montré dans le chapitre précédent (p. 164), les scientifiques de l'époque travaillant dans d'autres domaines n'ont pas non plus fait l'effort d'intégrer les résultats d'Avery à leurs pratiques, ni même de formuler simplement une possible direction de recherche nouvelle.

Une remarque importante s'impose ici. Cette notion de maintien des pratiques n'est pas un principe d'immobilisme, de rigidité. Bien au contraire, elle porte en elle la nécessité du changement, de la modification, de l'adaptation. Le point central est que ces évolutions tendent à se faire comme réponse à des difficultés rencontrées par un réseau d'objectifs fixés à l'avance. Une analogie darwinienne peut ici être utile : la survie des espèces exige une adaptabilité des individus aux contraintes de l'environnement (ou, plus précisément, aux contraintes nées de leur confrontation à l'environnement). La perpétuation va ici de pair avec la modification. Cette mobilisation des principes de l'évolution des espèces pour décrire la dynamique de la science n'est pas neuve. On la trouve, notamment, dans les travaux fondateurs de Toulmin (1972) ou de Hull (1989). Cependant, il est à noter que dans ces cas, les progrès de la science sont pensés en termes d'évolution des concepts. Un renouvellement de cette logique évolutionnaire prenant en compte les acquis du *practical turn* impliquerait de penser le processus de recherche en termes d'*écosystème* de pratiques. Un tel projet sort des objectifs de ce travail, mais pourrait en être une continuation possible.

Retenons ici que l'une des conséquences directes de cette dynamique de la science comme sys-

tème de pratiques est *une forme de conservatisme endogène à la logique même de la recherche*. Si, à l'échelle d'une communauté donnée, les pratiques tendent avant tout à se maintenir, tout problème, question, voie de recherche innovante, ne constituant pas un obstacle à leur développement sera ignoré. Il s'agit, bien évidemment, d'une tendance : nul doute qu'il est possible de trouver, dans l'histoire des sciences, des cas de pistes de recherche radicalement nouvelles qui se sont imposées indépendamment des pratiques existantes. Cependant, notre hypothèse est que cette source (possible) de conservatisme¹²¹ une fois mise en avant, il devient délicat de défendre sans nuance la thèse selon laquelle la liberté individuelle du scientifique est gage de diversité épistémique. Même au sein d'un champ scientifique idéalement libre, des mécanismes existent qui limitent et contraignent l'émergence des problèmes jugés intéressants à résoudre. La partie suivante (partie 3) aura pour objectif de compléter cette démonstration en montrant que la prise en compte des problèmes exogènes (formulés à l'extérieur du champ scientifique) peut avoir une influence épistémique positive.

Dans le chapitre II, nous avons noté que l'un des arguments centraux souvent évoqués à l'appui de la thèse libérale mobilise la notion d'imprévisibilité de l'enquête : c'est parce que le processus de recherche est essentiellement imprévisible qu'un pilotage restreignant la liberté de l'individu de suivre les directions qui lui semblent pertinentes serait inadapté. L'hypothèse ici consiste à supposer que les ordres « polycentriques » (Polanyi, 1989 [1951]) optimisent la gestion de ce caractère imprévisible de la recherche – son utilisation pour définir de nouveaux objets ou de nouvelles questions de recherche. À première vue, l'idée selon laquelle il existerait une forme de conservatisme inhérent à la logique de l'enquête est susceptible d'entrer en conflit avec cet « argument d'imprévisibilité ». Le chapitre suivant se fixe ainsi pour objectif de mener une analyse critique de cet argument, sur la base de notre perspective pragmatiste. Le point de départ de notre démarche consiste à en distinguer explicitement deux sens : un sens « faible », rejoignant le modèle linéaire de l'innovation, et un sens « fort », s'attachant à caractériser la dynamique du processus de recherche lui-même. Dans ce dernier cas, nous montrons ensuite qu'il est nécessaire de différencier la question de la *genèse* de celle de la *gestion* de l'imprévu. Chacun de ces dimensions soulève en effet des enjeux qui leur sont propres et que nous nous attachons alors à aborder séquentiellement.

¹²¹Nous en proposerons de nombreux exemples dans la partie suivante, dans le cadre de notre analyse historique des modalités de développement des connaissances en biochimie, biologie moléculaire et génétique.

CHAPITRE V

L'IMPRÉVISIBILITÉ DE LA SCIENCE : UN ARGUMENT POUR LA LIBERTÉ DE RECHERCHE ?¹²²

V.1 L'argument d'imprévisibilité : formulations

Comme nous l'avons mis en évidence dans le premier chapitre, la notion d'*imprévisibilité* sert de clé de voûte aux discours défendant un principe d'autonomie scientifique et de liberté de recherche. Exprimé d'un manière condensée, l'argument qu'elle fonde prend, rappelons-le, la forme suivante : puisqu'on ne peut prédire à l'avance quels seront les résultats (théoriques ou pratiques) de la recherche, il est contre-productif de lui imposer des objectifs prédéfinis. En particulier, toute pression exercée dans le but de satisfaire un certain souci de l'utile est la marque d'une coupable ingénuité, due au refus d'accepter le caractère aléatoire du progrès des connaissances. Toute volonté de finalisation, voire toute considération éthique visant à encadrer une recherche donnée, pêche ainsi par « obscurantisme » (Pecker, 2003, p. 51) ou, plus largement, par ignorance. Ignorance des ressorts de l'enquête scientifique, qui emprunte la plupart du temps des « chemins de traverse » (Ben-Ari, 2016) pour obtenir des résultats importants. Ignorance, finalement, d'une logique universelle de la découverte : dépendante d'un principe d'*imprévisibilité* qui lui est consubstantiel, la fécondité de la recherche souffrirait de se voir fixer des objectifs prédéfinis.

Cet argument est abondamment illustré par des exemples venus de diverses disciplines, tous rassemblés autour du précepte très général selon lequel « ce n'est généralement pas ce qu'on cherche

¹²²Ce chapitre constitue une version étendue d'arguments développés dans « L'imprévisibilité de la science : un argument pour la liberté de recherche ? La découverte des ARNi comme étude de cas » (à paraître dans *Lato Sensu*, Bedessem, 2018b) et dans « Scientific Autonomy and the Unpredictability of Scientific Inquiry : the Unexpected Might not be Where you Would Expect » (à paraître dans *Studies in History and Philosophy of Science* Bedessem et Ruphy, 2018, voir Annexe B).

que l'on trouve », comme le note, parmi tant d'autres, le biologiste Aucouturier (Aucouturier et Leichtnam, 2010). Ce dernier cite ainsi pêle-mêle les polynômes de Jones (au départ sans application et utilisés depuis pour décrire la molécule d'ADN), le conjecture de Poincaré (démontrée grâce à l'invention, dans un autre domaine des mathématiques, d'un concept nouveau), la découverte de la pénicilline par Fleming alors qu'il travaillait sur des cultures de bactéries (accidentellement contaminées par un champignon, le *Penicilium*), la découverte de l'enzyme Taq polymérase à partir de l'étude de bactéries vivant dans des sources d'eau chaude. Bref, puisque l'imprévisibilité des résultats est une caractéristique essentielle de l'enquête, il faut accepter qu'« à vouloir trop prévoir ce que l'on va trouver, on trouve rarement quelque chose d'intéressant » (*Id.*).

La première chose à noter dans l'utilisation de cet argument d'imprévisibilité, avant toute analyse de ses fondements philosophiques, est le manque de rigueur avec lequel sont traités ces cas historiques. L'opposition dressée, dans les discours, entre la liberté et la présence d'objectifs prédéfinis se heurte à des difficultés conceptuelles immédiates, que nous avons cherchées à mettre en évidence en mobilisant la logique pragmatiste de l'enquête. Cependant, plus directement, elle se voit contredite immédiatement par les exemples historiques les plus souvent évoqués. Ces exemples ne sont en effet que rarement sans équivoque et peuvent servir de base à des démonstrations contradictoires. Si le transistor est utilisé par certains pour défendre la nécessité d'une science autonome, non finalisée ou programmée, Wise, à l'inverse, souligne le contexte d'application des Laboratoires Bell où a été mise au point cette innovation (Wise, 1985)¹²³. De même, l'exemple de la pénicilline est ambigu. Aucouturier l'utilise pour mettre en évidence le fait que l'on trouve souvent, en science, « tout autre chose » que ce que l'on cherche¹²⁴. Or, Fleming, médecin, ne cherchait pas réellement *tout autre chose*, puisque son but initial était d'éliminer les staphylocoques en utilisant les enzymes présentes dans la salive. Il s'agissait donc bien d'une recherche à intérêt pratique immédiat : la découverte de substances capables de soigner les infections bactériennes. Fleming a donc, d'une certaine manière, *trouvé ce qu'il cherchait*, en pratiquant une recherche finalisée par des applications pratiques. Enfin, un dernier exemple est particulièrement révélateur des difficultés rencontrées par l'argument d'imprévisibilité lorsque celui-ci se fonde sur des cas empiriques particuliers. Il s'agit de la mise au point

¹²³« Cette découverte doit beaucoup à un chef d'équipe de recherche des laboratoires Bell, Marvin Kelly. Dès 1936, plus d'une décennie avant l'invention du transistor, il a souligné les limitations du tube à vide et la nécessité de lui trouver un substitut solide. D'autres groupes, motivés par des considérations purement scientifiques, ont travaillé sur le même sujet mais ils n'ont pas trouvé le transistor » (p. 239).

¹²⁴Dans son article de 2010 publié dans *Médiapart* et cité plus haut.

des cellules pluripotentes induites, ou iPS, par l'équipe de Shinya Yamanaka en 2006, travail pour lequel celui-ci a obtenu le prix Nobel en 2012. Dans son intervention lors du colloque du Collège de France sur le thème « Science et Démocratie », Nicole Le Douarin¹²⁵ utilise cette découverte pour illustrer l'idée selon laquelle « les recherches biologiques qui ont ouvert des perspectives thérapeutiques nouvelles et permis l'émergence d'une médecine régénérative constituent un des meilleurs arguments qu'il y ait pour accorder aux chercheurs un très grand degré de liberté » (Le Douarin, 2013). Elle souligne que l'une des questions ayant sous-tendu cette recherche est d'allure très fondamentale : « quels sont les gènes qui sont responsables de l'état "souche" [d'une cellule] ? ». Alain Prochiantz, dans sa propre intervention, enfonce le clou en affirmant que « les travaux qui ont mené il y a quelques années à la découverte des cellules souches pluripotentes induites (iPS), qui portent tant d'espoir dans le domaine de la médecine régénérative ne sont pas nés de la volonté de guérir, mais de celle de comprendre » (Prochiantz, 2013b). Pour lui, la question posée initialement était la suivante : « une cellule différenciée est-elle encore porteuse de toute l'information présente dans l'oeuf?¹²⁶ ». Les travaux de Yamanaka sont donc ramenés exclusivement à une tentative de répondre à des questions d'ordre cognitif, purement épistémiques. Or, le contexte de la découverte des iPS invite à une toute autre lecture. Comme le note Nicole Le Douarin elle-même, la volonté de construire une lignée cellulaire pluripotente induite s'inscrit dans le cadre des recherches sur les cellules souches embryonnaires, recherches suscitant de grands espoirs médicaux. Ces dernières sont en effet facilement immortalisables et ont une capacité de différenciation illimitée : elle peuvent donner tous les types de cellules présents dans les tissus humains. De ce fait, elles ouvrent des perspectives fécondes pour la médecine régénérative. Il y a cependant deux obstacles à leur utilisation : le premier est d'ordre éthique (il est nécessaire de détruire des embryons pour mettre ces cellules en culture), le second d'ordre biologique (le groupe HLA de l'embryon n'est pas le même que celui du receveur). La question que se posent Yamanaka et son équipe n'est donc pas simplement *quelles sont les caractéristiques biologiques des cellules souches ?*, mais également *peut-on créer des cellules ayant les mêmes propriétés sans détruire d'embryons ?* Autrement dit, ce sont les contraintes externes, éthique et médicales, qui ont servi de moteur à cette recherche. Il est donc discutable que la découverte des iPS soit le fruit d'une recherche parfaitement libre, définissant ses propres objectifs et uniquement

¹²⁵ Embryologiste, professeur honoraire au Collège de France et Membre de l'Académie des Sciences.

¹²⁶ Alain Prochiantz, « Innovation, liberté de recherche et choix de société : l'exemple de la médecine régénérative », Collège de France, 17 octobre 2013. Il ajoute également que « cette découverte a un lien fondamental avec des questions posées au XIX^e siècle par Auguste Weisman sur la totipotence des génomes des cellules somatiques ». Il cherche ainsi à mettre en valeur la filiation théorique des travaux sur les iPS.

guidée par une curiosité pour les phénomènes naturels. Il apparaît au contraire que différents types d'objectifs interviennent. Si l'on peut effectivement reconstruire une filiation entre le problème que pose Yamanaka et des questions théoriques anciennes, cette démarche n'épuise pas la complexité du contexte social, politique, économique dans lequel il s'inscrit. Il est donc délicat de soutenir que la recherche menée ici a pour seule origine la curiosité pour l'exploration de l'inconnu. Il serait même tout à fait possible de soutenir une position inverse, en affirmant que la mise au point des iPS illustre un cas de recherche finalisée parfaitement réussie. Une des difficultés, ici, est le mélange constant entre des questions internes à la science (portant sur les mécanismes moléculaires de la différenciation) et des pressions externes (obstacles éthiques, objectifs médicaux). La complexité de la situation rend donc épineuse l'utilisation de cet exemple pour défendre l'absolue nécessité d'une forme d'autonomie de la communauté scientifique dans la définition des orientations de la recherche.

Réciproquement, les pourfendeurs d'une autonomie scientifique érigée en principe de gouvernance traitent de manière pour le moins cavalière l'argument d'imprévisibilité. Rappelons par exemple que Kitcher, dans son modèle de science « bien ordonnée », l'ignore totalement, ou, au mieux, l'évacue rapidement (Kitcher, 2004). Ce rejet est fondé sur une sorte d'aveu de faiblesse : face aux exigences éthiques et politiques qui sont les siennes, Kitcher prend en effet le parti d'un scepticisme quant à la possibilité de fonder en raison l'optimisation de la fécondité épistémique de l'enquête :

J'entends déjà les protestations des autonomistes. « Nous savons bien », suggèrent-ils, « que la recherche dirigée fonctionne mal ; qu'il a été extrêmement fructueux par le passé de laisser de brillants scientifiques explorer leur voie, que des bénéfices inattendus surgissent de questions en apparence abstraites et que le cours de la science est imprévisible ». Mais ces arguments sont des arguments de philosophe de salon. Nos autonomistes n'ont finalement que quelques exemples anecdotiques, construits après avoir lu un livre sur le Lyssenkoïsme et une biographie d'Einstein. En fait, *on ne sait pas grand chose* à propos de la manière dont la recherche scientifique répond aux questions pratiques et le discours des autonomistes repose sur le type de raisonnement dénoncé dans n'importe quel cours d'introduction méthodologique : des histoires incomplètes sont assemblées sans prendre garde aux biais d'échantillonnage et sans chercher à construire des comparaisons rigoureuses. Bien que la littérature en sociologie de la connaissance scientifique révèle souvent d'intéressantes choses, elle ne délivrera pas de bases statistiques à partir de laquelle nous pourrions prévoir les *effets prévisibles d'une planification de la recherche* (Kitcher, 2004, p. 54, *nous soulignons*).

L'un des objectifs que nous nous sommes fixés dans cette troisième partie est de tenter de sortir de cet agnosticisme vis-à-vis des conséquences d'un pilotage (finalisation, centralisation, externali-

sation) des décisions de politique scientifique (contre l'idéal de liberté de l'individu ou des petits groupes de recherche). Nous avons affiné quelques outils conceptuels ayant pour vocation de nous permettre de mener l'analyse critique de la thèse I. Dans ce chapitre V, nous aimerions nous pencher plus spécifiquement sur l'argument d'imprévisibilité, comme formulation la plus courante de cette thèse.

Wilholt est l'un des rares philosophes à avoir interrogé les fondements philosophiques de cet argument d'imprévisibilité. Pour ce faire, il le formalise de la manière suivante :

Tout jugement *a priori* concernant la fécondité d'un projet de recherche est faillible. Il est impossible d'exclure que des projets qui sont pour le moment non pertinents selon les standards répandus soient, en réalité, révolutionnaires. Donc, les scientifiques devraient choisir leurs projets librement, de telle manière qu'une grande variété d'approches soient poursuivies. Quelques-uns apporteront des connaissances nouvelles, mais il est impossible de prévoir lesquels (Wilholt, 2010, p. 175).

Le lien avec la thèse I (libérale) apparaît dès lors très clairement : l'imprévisibilité de la science justifie le maintien d'une certaine diversité épistémique, qui, selon la thèse I, est garantie par un principe de maximisation de la liberté individuelle. L'argument d'imprévisibilité présuppose donc l'adhésion à la thèse I. Réciproquement, notre critique de la thèse I, mettant en évidence l'existence de sources endogènes de conservatisme au sein d'un champ scientifique idéalement libre, affaiblit la pertinence de l'argument d'imprévisibilité. Dans le présent chapitre, nous cherchons ainsi à préciser la portée et les limites de cet argument, en mobilisant nos analyses précédentes. Pour ce faire, il nous semble tout d'abord nécessaire de souligner les différents objets auxquels cet argument d'imprévisibilité s'applique.

V.2 Imprévisibilité de quoi ?

L'argument d'imprévisibilité revêt, dans les discours, deux sens qu'il faut distinguer : un sens *faible* (lié à l'utilisation d'un savoir donné) ou un sens *fort* (lié à la dynamique « sérendipienne » de l'enquête). Dans sa première acception, il désigne ainsi le caractère imprévisible des applications (théoriques ou pratiques) qui peuvent émerger d'un réservoir donné de connaissances. Lorsqu'elle suit ce sens très général, que l'on qualifiera ici de *faible*, l'imprévisibilité émane en grande partie de l'extérieur du champ de recherche considéré : c'est l'utilisation d'une découverte dans un contexte

distinct de celui qui l'a vu naître qui est ici en jeu. Pris dans ce premier sens, l'argument d'imprévisibilité adopte la forme suivante : comme on ne sait jamais à l'avance à quoi pourra être utilisé un savoir donné, une science libre et désintéressée doit être préservée de manière à générer un réservoir de connaissances. Celui-ci pourra être mobilisé soit pour développer des applications, soit dans le cadre d'une autre recherche théorique *a priori* fort éloignée. C'est ce type de capital scientifique qui est mis en avant par Vannevar Bush dans son classique *Science, the Endless Frontier* :

La recherche fondamentale apporte de nouvelles connaissances. Elle fournit un capital scientifique. Elle crée le fond à partir duquel des applications pratiques peuvent émerger. Les produits et processus nouveaux ne naissent pas de rien (Bush, 1945, p. 20).

Le développement de la bombe H est un cas paradigmatique, également utilisé par V. Bush : ce sont les « découvertes fondamentales des scientifiques européens » (p. 20) sur la structure de la matière qui ont rendu possible cette invention. Ici, l'imprévisibilité provient de l'extérieur du champ disciplinaire considéré : ce sont les contingences sociales et politiques qui décident de l'élaboration et du développement de la bombe H à partir d'un réservoir de connaissances fondamentales. Les discours pro-autonomie recèlent de nombreux exemples basés sur ce type d'imprévisibilité. Un cas fréquemment cité est celui du laser, un objet technologique omniprésent aujourd'hui. Dans ce cas, ce sont les développements théoriques de la physique quantique durant la première moitié du XX^e siècle qui sont à l'origine de l'invention. La première déduction théorique de l'effet LASER (pour *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) a été décrite par Schawlow et Townes en 1958 (Schawlow et Townes, 1958), comme une application de la mécanique quantique. Deux ans plus tard, le premier laser état conçu par Maiman (Maiman, 1960). La naissance du laser était donc une conséquence imprévisible des développement les plus théoriques de la physique durant la première moitié du XX^e siècle. Dans le même esprit, il est possible de citer « les premières investigations sur les phénomènes électriques et magnétiques, unifiés plus tard dans la théorie électromagnétique, avec ses innombrables applications technologiques, très éloignées de celles qui avait été anticipées par ses pionniers (...) [et] les investigations de Frege sur les fondement des mathématiques, qui ont donné lieu à la création de la logique symbolique, le long d'une ligne de recherche qui mènera aux ordinateurs digitaux » (de Oliveira, 2014, p. 141-142)¹²⁷.

¹²⁷De Oliveira utilise ces exemples pour illustrer ce qu'il appelle « le principe de Sérendipité ». Il est en cela exemplaire de la confusion que nous cherchons à éviter entre les deux registres de l'argument d'imprévisibilité.

Cette forme d'imprévisibilité n'est pas utilisée simplement pour caractériser le lien entre la théorie et l'application, mais entre les disciplines scientifiques elles-mêmes. Les cas cités par Aucouturier (la mise au point des polynômes de Jones, la résolution de la conjecture de Poincaré, la découverte de la Taq polymérase) décrivent la dynamique d'importation (imprévisible) d'une découverte réalisée dans un champ disciplinaire vers un autre. De Oliveira cite quant à lui la théorie des nombres développée par le mathématicien Hardy (de Oliveira, 2014, p. 142). Celle-ci, de l'aveu même de son inventeur, était considérée comme « suprêmement inutile », avant d'être appliquée « à la physique nucléaire et à la génétique des populations ».

Dans un second sens, *fort*, la notion d'imprévisibilité fait référence à l'imprévisibilité de la dynamique du progrès scientifique lui-même. C'est au cours de l'enquête que surgit un événement inattendu qui vient en bouleverser le chemin. Il s'agit ici d'une imprévisibilité plus essentielle, puisqu'elle touche aux aspects les plus concrets de l'enquête telle qu'elle se fait. Cette question est souvent évoquée, dans la littérature, en mobilisant le concept de *sérendipité*. Jugeant cette notion délicate, relativement mal définie et sujette à polémique (Catellin, 2014), nous en userons pas nous-même dans les développements à venir. Cependant, il peut être utile de la rapprocher du sens fort de l'argument d'imprévisibilité, étant donné qu'elle est couramment utilisée dans ce cadre.

De manière très générale, la sérendipité est définie comme l'art de réaliser des découvertes importantes en utilisant intelligemment des observations inattendues. Sans rentrer ici dans le détail des différents types possibles de manifestation de la sérendipité tels qu'ils ont été référencés dans la littérature, quelques exemples classiques peuvent permettre de saisir ce dont il s'agit. Un épisode historique très souvent cité pour illustrer le mécanisme des découvertes sérendipiennes est la découverte du premier antibiotique par le médecin britannique Fleming. Ce dernier, travaillant sur des colonies de bactéries *E.Coli*, contamina accidentellement ses cultures avec une moisissure, le *Penicilium*. Ayant alors observé l'effet anti-bactérien de ce champignon, il isola la péniciline, première molécule antibiotique (Fleming, 1929). Un autre cas de sérendipité souvent cité concerne la découverte du phénomène de radioactivité par Henri Becquerel. En laissant par négligence une plaque photographique à proximité d'un minéral contenant de l'uranium, il observa au bout de quelques jours l'apparition d'un ombrage sur la plaque. Cette observation le conduisit à l'hypothèse selon laquelle l'uranium émet ses propres radiations, ouvrant ainsi à la physique la radioactivité comme domaine d'étude (Becquerel, 1896). Un dernier exemple, enfin, peut-être moins connu : la décou-

verte du *cisplatine*, molécule couramment utilisée aujourd'hui dans les protocoles de chimiothérapie. Rosenberg et son équipe, qui étudiait l'effet du champ électrique sur la croissance bactérienne, observèrent un arrêt de la prolifération lié à la formation (inattendue) d'un composé chimique à partir du platine contenu dans les électrodes. Ce composé, qu'ils nommèrent cisplatine, fut ensuite testé avec succès comme agent anti-prolifératif contre les cellules tumorales (Rosenberg, 1967). Dans tous ces cas, c'est donc la dynamique de l'enquête elle-même qui génère des observations inattendues, menant à des découvertes dites « sérendipiennes ». Cette notion de sérendipité, « tant révérée par la science fondamentale » (Greenberg, 1999, p. 32), est ainsi un argument clé utilisé dans les plaidoyers en faveur de l'autonomie. S. Catellin en fait un élément central du « débat science libre/science dirigée » (Catellin, 2014, p. 138), dans sa version ancienne (à travers l'opposition entre Jean Perrin et Henri Le Chatelier), ou contemporaine (voir p. 40).

La notion d'imprévisibilité recouvre donc deux types de situations bien différentes. Or, ces deux dimensions sont très souvent mêlées dans les argumentaires. La stratégie de persuasion visant à dresser de longues listes d'exemples, évoquée dans le chapitre précédent, participe pleinement de cette confusion des genres. Ainsi, Cadogan considère-t-il, de manière très générale, qu'

aucun des grands bouleversements ayant changé le monde ne seraient advenus au sein d'un programme choisi par un comité. Ces découvertes ne furent pas le résultat d'une démarche consistant, pour chaque étape, à emboîter le pas de la précédente de manière *nécessaire*. Elle résultèrent des idées et observations non contraintes des scientifiques (Cadogan, 2014, p. 4, *nous soulignons*).

Pour illustrer son propos, il cite alors pêle-mêle la découverte et le développement des cristaux liquides, des fullerènes, du laser, de la péniciline, de la fission nucléaire, de la génomique, du Téflon, du polyéthylène...Or, certains de ces cas relèvent de l'imprévisibilité au sens faible, c'est-à-dire du développement technologique d'une ligne de recherche sans application prévisible (cristaux liquides, génomiques, laser) et d'autres de l'imprévisibilité au sens fort (péniciline, Téflon, polyéthylène). La même analyse pourrait être menée pour un grand nombre d'argumentaires (notamment ceux développés dans le rapport issu des États Généraux de la Recherche [EG, 2004, p. 14] ; dans Braben, 2008, p. 48 ; Aucouturier et Leichtnam, 2010 ; de Oliveira, 2014).

Le mélange de ces deux sens de l'argument d'imprévisibilité est fautif en ce qu'ils n'ouvrent pas au même type de débat et n'invitent pas au même type de réponse. L'imprévisibilité au sens

faible, pour être mobilisée dans la défense de l'autonomie scientifique, doit être sous-tendue par l'hypothèse d'arrière-plan suivante : une science libre de se fixer ses propres fins optimise la constitution d'un réservoir de connaissances dans lequel il sera possible de venir puiser. Autrement dit, invoquer l'imprévisibilité au sens faible n'a de pertinence que si l'on accepte le « modèle linéaire de l'innovation » : la science *pure* construit des savoirs, qui sont ensuite utilisés pour le meilleur (ou pour le pire). Nous retrouvons ici une formulation classique de la thèse II, que nous traiterons dans la partie 3 : centrer la recherche sur des préoccupations internes au champ scientifique optimise sa fécondité épistémique. En revanche, l'imprévisibilité au sens fort interroge une tout autre dimension du débat sur l'autonomie, plus proche de la thèse libérale et à laquelle ce chapitre est dédié.

V.3 Imprévisibilité au sens fort : genèse et gestion de l'inattendu

Le « sens fort » de l'argument fait référence, rappelons-le, à l'imprévisibilité inhérente à la dynamique même de l'enquête : un résultat inattendu peut émerger au cours d'une recherche donnée et peut ainsi, éventuellement, en dévier le cours. Cette logique, telle qu'elle est utilisée dans les discours pro-autonomie, est résumée comme suit par Catellin (2014) : « le chercheur observe une donnée imprévue (...), aberrante, surprenante, car elle contredit les faits établis ou ne s'accorde pas avec la théorie admise, ce qui stimule la curiosité du chercheur et le pousse à donner un sens au fait observé, à l'expliquer¹²⁸ » (p. 130). Autrement dit, l'occurrence d'une observation inattendue (a) ouvre une nouvelle direction de recherche, centrée sur un nouvel objet ou phénomène (b). Si l'on reprend les exemples de « découvertes sérendipiennes » évoquées dans la section précédente, on peut dire que le noircissement de la plaque photographique laissée à côté du cristal d'uranium par Becquerel (a) a posé la radioactivité comme nouveau domaine d'étude pour la physique (b). De même, la contamination des cultures d' *E. Coli* par le *Penicilium* (a) a conduit Fleming à poser la découverte d'antibiotiques comme nouveau champ d'investigation (b). Dans ce cadre, l'argument d'imprévisibilité au sens fort prend la forme suivante : étant donné que les résultats d'une expérience peuvent mener à des résultats inattendus, il est contre-productif de diriger l'investigation vers des objectifs (pratiques) pré-définis. Avant d'aller plus loin dans l'analyse de l'argument, il convient de préciser dès à présent le sens à donner à cette notion de résultat inattendu. Si l'on se réfère

¹²⁸S. Catellin utilise ce formalisme pour décrire les découvertes « sérendipiennes ». Ce vocable ambigu ne nous semble pas opportun pour décrire la situation que nous considérons ici. Nous parlerons donc tout simplement, dans la suite, d'observations et de découvertes inattendues (sans esquiver, bien sûr, la nécessaire caractérisation épistémique de ce concept d'inattendu).

à la manière dont est utilisé l'argument dans la littérature, nous sommes conduits à opter pour l'interprétation suivante : nous appelons inattendu un résultat (fait, observation, donnée, etc.) dont on ne peut rendre compte dans le système de pratiques (expérimentales et conceptuelles) au sein duquel la recherche empirique a été conçue et menée. Ce genre de faits n'appartient pas à l'ensemble des résultats *concevables* de cette même expérience. C'est cette forme d'extériorité qui conduit les scientifiques à quitter leur cadre explicatif d'origine et à ouvrir de nouvelles directions de recherche permettant de donner sens à ces résultats inattendus.

Notons dès à présent que dans ce sens fort, l'inattendu, l'imprévu, peut être considéré, dans une perspective pragmatiste, comme un cas particulier d'indétermination. En effet, en sortant des résultats attendus dans le cours d'une pratique, les événements imprévus sont susceptibles de générer le doute, la perplexité, puis d'être problématisés et de motiver une enquête. L'argument d'imprévisibilité peut donc être formulé de la manière suivante : un champ scientifique constitué d'individus (ou de groupes de recherche) libres est plus à même de faire fructifier l'imprévu (c'est-à-dire d'en faire un point de départ pour la formulation de nouveaux problèmes à résoudre) et optimise ainsi la fécondité épistémique de la recherche. Cette formulation peut être immédiatement précisée en considérant le mécanisme simple que nous avons proposé plus haut pour décrire les découvertes imprévues. Ce mécanisme repose sur la succession de deux étapes : (a) la *genèse* d'un résultat inattendu et (b) la *gestion* de ce résultat (c'est-à-dire, la manière dont il est utilisé pour motiver une nouvelle enquête). Cette décomposition introduit donc deux dimensions indépendantes à prendre en compte dans notre analyse de l'argument, dimensions soulevant chacune des interrogations relativement indépendantes. La première questionne les conditions favorables à l'occurrence et à la reconnaissance de l'inattendu au cours de l'enquête. La seconde est liée à son utilisation comme point de départ d'une nouvelle voie de recherche. La distinction de ces deux étapes conduit à clarifier la forme prise par l'argument d'imprévisibilité : un champ scientifique constitué d'individus (ou de groupes de recherche) libres optimise la genèse et la gestion de l'inattendu et ainsi, la fécondité épistémique de la recherche (sa capacité à formuler de nouveaux problèmes). Le propos de ce chapitre est de souligner les faiblesses de l'argument d'imprévisibilité au sens fort, en montrant qu'il y a de bonnes raisons de croire qu'un principe de liberté de recherche ne permet d'optimiser ni la genèse, ni la gestion de l'inattendu.

V.4 La question de la gestion de l'inattendu : une formulation classique de la thèse I

La question de la *gestion* de l'inattendu est celle qui surgit le plus immédiatement de l'utilisation de l'argument d'imprévisibilité dans les discours pro-autonomie. Comme nous l'avons vu, la thèse I, et I(i) en particulier, valorise l'idée selon laquelle l'ouverture de nouvelles voies/questions de recherche est favorisée si les scientifiques ont la possibilité de choisir librement les directions qu'ils empruntent. Cette thèse tombe immédiatement sous le coup des critiques formulées précédemment à l'encontre de la thèse I(i). Arrêtons-nous un instant sur cette première mise en cause possible de l'argument. Comme nous l'avons montré dans les chapitres III et IV, il y a plusieurs raisons de penser qu'un certain conservatisme est inhérent au champ scientifique, fût-il totalement libre. Ce conservatisme est le produit de la logique même de l'enquête : le type de problèmes jugés importants est fortement contraint par la situation. Au sein d'une pratique donnée, définie elle-même comme une démarche de résolution de problèmes prédéfinis, seules certaines questions sont susceptibles d'émerger comme des problèmes jugés collectivement importants à résoudre. La distinction authentique/spéculatif sert alors à penser cet antagonisme entre les problèmes jugés collectivement importants à résoudre et ceux qui ne le sont pas. De cette analyse, on peut conclure que tout événement inattendu ne sera pas utilisé pour fonder une nouvelle voie de recherche. Dans ce cadre, il n'y a aucune raison de penser qu'une science libre optimise, en elle-même, la *gestion* de l'inattendu. Bien entendu, la problématisation des indéterminations et la possibilité laissée aux chercheurs de redéfinir les objectifs de leur recherche nécessite de penser un *équilibre* entre liberté et pilotage. Nous tenterons de préciser les conditions d'un tel équilibre dans la partie 4, dédiée à l'exposé de notre modèle alternatif de financement de la recherche publique.

La question qui se pose maintenant est la suivante : quel est l'effet de ce conservatisme pratique sur la genèse de l'inattendu – c'est-à-dire, sur l'émergence, l'identification et la problématisation des événements inattendus ? Notre perspective, pour aborder cette question, consistera à comparer un champ scientifique idéalement autonome, exclusivement dédié à la résolution des problèmes *endogènes* survenant dans le cours des pratiques scientifiques, avec une science plus ouverte, intégrant des problèmes *exogènes*, formulés à l'extérieur du champ scientifique.

V.5 Autonomie scientifique et genèse de l'inattendu

Cette distinction entre problèmes endogènes et exogènes a vocation à éviter les apories d'une catégorisation rigide en science fondamentale, inspirée par l'usage et appliquée. Nous justifierons plus en détail sa pertinence dans le chapitre suivant. Retenons ici qu'en distinguant simplement les problèmes traités par le champ scientifique de part leur provenance (l'espace du monde social où ils sont identifiés en tant que problème), nous ne faisons pas l'hypothèse qu'il existe deux types de recherche, que l'on pourrait différencier sur le plan épistémologique ou méthodologique en considérant la nature (utilitaire ou cognitive) des objectifs qu'ils poursuivent. Notre objectif n'est ainsi pas de comparer une science fondamentale et stratégique ou orientée par mission dans leur capacité à générer de l'inattendu, mais d'analyser quelques conséquences possibles d'une intégration de problèmes exogènes dans la dynamique de recherche. Nous suivrons, pour ce faire, le plan suivant. Nous commencerons par une étude de cas (la découverte des ARNi), illustrant le rôle épistémiquement positif que peut jouer la pression exercée par des problèmes exogènes sur la genèse de l'inattendu. Nous chercherons ensuite à généraliser ces analyses en dégagant des critères jouant un rôle dans l'émergence et la reconnaissance des événements imprévus. À la lumière de ces critères, nous suggérons que la perméabilité du champ scientifique aux problèmes exogènes favorise, en renouvelant les pratiques, l'occurrence de l'inattendu.

V.6 La découverte des ARNi comme étude de cas

Lors du colloque de rentrée 2013 du Collège de France, le biologiste (et actuel administrateur de cette institution) Prochiantz remettait en cause la pertinence des « programmes [de recherche] déclinés en questions sociétales » en affirmant qu'« un certain nombre d'exemples démontrent à l'envie que les découvertes récentes les plus porteuses d'espoir pour la médecine ont été faites dans un esprit de pure curiosité cognitive (...). Citons notamment le phénomène d'interférence à ARN, mis en évidence à partir d'expériences sur la couleur des pétales des pétunias » (Prochiantz, 2013a). Cet exemple du mécanisme des ARN interférents était également mobilisé plus récemment, dans les colonnes du *Monde* (5 avril 2016), par le neurobiologiste Ben-Ari : « l'Histoire nous enseigne que les découvertes qui ont fait faire un bond à nos connaissances sont toujours réalisées par des non-conformistes, de façon imprévue », affirmait-il alors, avant d'ajouter que « nombre de trouvailles majeures ont été faites par hasard. Ainsi, la découverte par Fire et Mello des ARN interférents était imprévisible et n'aurait jamais été financée dans les *big-data programs* » (Ben-Ari, 2016). On

retrouve, dans ces deux extraits, l'utilisation classique de l'argument d'imprévisibilité : les recherches menées dans un « esprit de pure curiosité cognitive » ont une grande valeur épistémique en tant qu'elles laissent l'opportunité à des « non-conformistes » de réaliser des découvertes imprévisibles. À l'inverse, tout type de « programmation » de la recherche est dévalorisé comme asséchant cette source féconde de « trouvailles majeures ». De manière intéressante, ces extraits font tous deux référence à un même épisode historique : l'élucidation du mécanisme moléculaire de l'interférence à ARN. Il est dès lors tentant d'endosser pour quelques pages un habit d'historien des sciences et d'aller regarder de plus près ce que cet exemple nous dit réellement de la pertinence de l'argument d'imprévisibilité. Un survol de la littérature produite sur le thème des ARNi depuis une vingtaine d'années nous permettra de montrer que la situation est plus complexe et plus riche que ne le laissent entendre les deux extraits ci-dessus – et plus largement, une grande partie des discours pro-autonomie¹²⁹.

V.6.1 Bases biologiques

Il nous semble nécessaire, avant toute chose, de procéder à quelques mises au points biologiques sur le phénomène d'interférence à ARN, voie de régulation de l'expression génétique largement répandue dans le monde vivant. Son élucidation a valu à Fire et Mello le prix Nobel de physiologie et médecine en 2006¹³⁰. D'une manière très générale, on appelle ARN interférents (ARNi) de petits ARN régulant l'expression génétique en induisant la dégradation d'un ARN messager cible, porteur d'une séquence de nucléotides (un gène) devant être traduite en protéine. Cette dégradation passe par l'interaction entre un morceau de la séquence de l'ARNm cible et l'ARNi portant la séquence complémentaire. Cette interaction conduit à la formation d'un ARN double-brin, qui est reconnu par un complexe protéique (RISC). Cela amène à l'altération de l'ARNm et donc à une inhibition de la synthèse protéique.

La production des ARNi ciblant un gène donné est activée par les cellules dans plusieurs types de situations. Par exemple, la sur-expression (momentanée) de certains gènes peut enclencher un

¹²⁹L'objectif de cette section n'est pas de fournir une description exhaustive de la dynamique complexe des recherches menées autour du phénomène d'interférence à ARN, mais de souligner certains points qui nous semblent essentiels pour notre analyse du rôle des problèmes exogènes dans la genèse de l'inattendu. Pour une vision plus large de la question des ARNi, voir notamment Thery (2013).

¹³⁰Pour une vision exhaustive des mécanismes en jeu, on pourra se référer, par exemple, à Agrawal *et al.* (2003) ou Mello (2004).

processus de régulation impliquant des ARNi. C'est notamment le cas, en biologie végétale, lors du phénomène dit de co-suppression : l'introduction artificielle d'un gène sur-numéraire peut conduire à l'inhibition à la fois du gène sauvage et du gène étranger. Certains gènes sont en outre chargés de produire, de manière constitutive, des précurseurs pour des ARNi ciblant un ARNm spécifique. Il est également possible d'activer artificiellement la voie ARNi en injectant directement des ARN portant la séquence complémentaire de celle de l'ARN messager que l'on cherche à dégrader, ou l'ARN double-brin correspondant. De ce fait, outre son importance dans la compréhension des processus intra-cellulaires de régulation de la synthèse des protéines, le phénomène d'interférence à ARN est un outil de choix pour modifier, notamment à des fins thérapeutiques, l'expression génétique.

V.6.2 Contexte de la découverte

L'attribution, en 2006, du Prix Nobel de Médecine à Fire et Mello pour l'élucidation du mécanisme d'interférence à ARN est venu signer l'aboutissement de deux décennies de travaux ayant contribué, de manière plus ou moins directe, à la compréhension du phénomène. Un examen approfondi de la littérature scientifique sur le sujet, depuis les années 1980 jusqu'aux années 2000, met en évidence la co-existence de deux lignes de recherche principales, ayant finalement convergé dans l'élucidation du mécanisme des ARNi. La première de ces lignes de recherche se rapproche d'un idéal de science autonome, c'est-à-dire, si l'on suit les discours utilisant l'argument d'imprévisibilité, guidée en priorité par les objectifs endogènes que se fixent les chercheurs. La seconde est caractéristique d'une science motivée par des problèmes exogènes (en l'occurrence, des enjeux agronomiques et industriels)¹³¹.

La première ligne de recherche, que nous identifions à une science autonome, s'ancre dans une série de travaux fondateurs réalisés dans les années 1980. L'une des premières études portant sur la régulation de l'expression génétique par le biais d'ARN anti-sens (portant la séquence complémentaire de l'ARN messager dont on veut diminuer la traduction en protéine) est celle menée par Izant (1984). Il s'agit, pour les auteurs, de tester une nouvelle voie possible de contrôle, en laboratoire,

¹³¹Bien évidemment, cette catégorisation doit être maniée avec prudence. En particulier, l'importance pratique des travaux, même les plus fondamentaux, visant à comprendre le phénomène d'interférence à ARN a toujours été très claire : la possibilité de réguler l'expression des gènes a en effet de nombreuses applications médicales et biotechnologiques, qui n'étaient un secret pour personne. Comme nous l'avons montré dans le chapitre IV, la notion de système de pratiques (Chang, 2014) permet de rendre compte de cette superposition des objectifs guidant chaque activité de recherche.

de l'expression des gènes, de manière à faciliter l'analyse de leur fonction :

La production expérimentale de variants génétiques est une technique pertinente pour déterminer la contribution d'un gène donné à la physiologie cellulaire et au développement. Une altération de la quantité ou de la qualité d'une protéine produite à partir d'un gène donné offre en effet des indications sur ses activités moléculaires. Malheureusement, de nombreux systèmes cellulaires ne sont pas assez maniables pour mettre en œuvre de tels analyses génétiques (...). Nous proposons, comme alternative, d'investiguer la possibilité, pour des séquences d'ARN complémentaires d'un ARNm donné, d'inhiber l'expression du gène correspondant (*Ibid.*, p. 1007).

Le raisonnement est clair : en vertu du bagage théorique que constitue la connaissance des mécanismes moléculaires de la synthèse protéique, il est tout à fait concevable qu'un ARN anti-sens puisse bloquer la traduction de l'ARNm correspondant. D'autre part, étant donnée les limitations techniques propres aux *moyens* disponibles en biologie moléculaire (les systèmes cellulaires et les dispositifs d'étude de la fonction des gènes), l'utilisation d'ARN anti-sens semble être une voie d'investigation pertinente. L'expérience a été menée dans des cellules TK de souris, par injection de plasmides (séquence d'ADN) codant pour des ARN anti-sens capables de s'hybrider avec l'ARNm correspondant au gène de la Thymidine Kinase (TK). Sans surprise, les résultats démontrent une diminution significative de la quantité de protéine TK, signalant une inhibition de la traduction de l'ARNm. Ce résultat a immédiatement donné lieu à un grand nombre d'études, construites selon une démarche similaire : injecter, ou faire produire à différents types de cellules, des ARN anti-sens ciblant un gène donné et observer les conséquences moléculaire, cellulaire ou tissulaire associées. Ainsi, Kim et Wold (1985) mesurent-t-ils la diminution de cette même activité TK en présence d'ARN anti-sens dans plusieurs lignées cellulaires de mammifères. De plus, en analysant la structure moléculaire des ARN présents, les auteurs ont pu mettre en évidence la présence de duplex ARN/ARN, confirmant l'importance de l'interaction entre l'ARNm et l'ARNi dans ce type de régulation génétique. Ecker et Davis (1986) ont appliqué un autre type de protocole sur des cellules de plantes. Après avoir construit des plasmides contenant le gène bactérien de la chloramphenicol acetyltransferase dans des configurations sens ou anti-sens, les auteurs ont injecté différentes concentrations de ces deux types de plasmides dans des cellules végétales et ont mesuré l'activité de l'enzyme associée (la chloramphenicol acetyltransferase). Il est apparu alors que la présence conjointe du sens et de l'anti-sens inhibait cette activité. De la même manière, Rothstein *et al.* (1987), après avoir transformé des plants de tabac par insertion du gène de la nopaline synthase et de son équivalent anti-sens, ont observé l'inhibition de la traduction protéique (par mesure de l'activité enzymatique). Citons également les travaux de Smith (1988), menés sur des plants de tomates. Par transfert stable du

gène codant pour l'ARN anti-sens de la polygalacturonase dans des souches de tomates, l'auteur a pu mettre en évidence la diminution de la quantité d'ARNm et de la protéine associée. En utilisant la même technique, il a également pu montrer l'importance de l'extrémité 5' de l'ARN anti-sens dans l'activité de régulation. D'autres travaux ont également utilisé des cellules animales. Par exemple, Melton (1985) a injecté l'ARN anti-sens correspondant au gène codant pour la globine, dans des ovocytes de grenouille. Ce même auteur a ensuite injecté différents fragments de cet ARN anti-sens, de manière à localiser la séquence réellement active dans la régulation. Il est ainsi parvenu, lui aussi, à montrer que seules quelques bases situées autour de l'extrémité 5' de l'ARN sont nécessaires à la dégradation de l'ARNm. Le même résultat a été obtenu par Izant (1985), en utilisant des plasmides codant pour différents portions de l'ARN anti-sens. Fire (1991) ; Fire *et al.* (1998) ont également mené des travaux proches sur le nématode *C. Elegans*. En injectant, dans des ovocytes, des plasmides codant pour l'ARN anti-sens d'un gène gouvernant la synthèse d'une protéine des myofilaments, les auteurs sont parvenus à mettre en évidence de fortes perturbations dans le développement de l'animal. En analysant l'état moléculaire des ARN ciblés, ils ont également pu montrer la dégradation de l'ARNm, découpé en petit segments. Ce résultat a été complété par l'étude de l'influence de la structure moléculaire de l'ARN anti-sens pour son activité régulatrice : en injectant dans des embryons de nématodes des ARN anti-sens simple brins, ou double-brins (*ds*), il est apparu que les *ds* avait une activité inhibitrice beaucoup plus importante. D'autre part, il leur est apparu que très peu de molécules d'ARN *ds* étaient nécessaires pour déclencher la dégradation des ARNm, ce qui indiquait, pour les auteurs, l'existence d'un processus auto-catalytique déclenché par les ARN *ds*.

Quels enseignements peut-on tirer, à ce stade, de l'analyse des investigations menées et des résultats obtenus dans le cadre de cette ligne de recherche ? Deux points nous semblent ici importants à souligner. En premier lieu, les connaissances apportées depuis les travaux de Izant (1984) jusqu'à ceux de Fire *et al.* (1998) n'ont rien révélé d'inattendu, ou d'imprévisible (c'est-à-dire, d'inconcevable, en vertu de la définition que nous avons donnée précédemment à ces concepts). Les éléments apportés n'ont fait que préciser, sans rupture aucune, un phénomène moléculaire lui-même très logiquement déduit du bagage épistémique disponible. À partir de l'observation d'une régulation par des ARN anti-sens, il a été mis en évidence, de manière tout à fait *attendue*, la formation de complexes ARN/ARN, l'existence de segments des ARN interférents plus actif que d'autres et le rôle d'un processus auto-catalytique déclenché par les ARN double-brins.

Prévisible a été, également, le développement des différents protocoles expérimentaux mis en

œuvre. Il est en effet frappant de constater que les études proposées dans cette ligne de recherche ont consisté essentiellement en un déploiement tout à fait attendu des méthodes et techniques les plus classiques de la biologie moléculaire. De ce fait, l'enchaînement des expériences a pris l'allure d'une série de variations sur un même thème, suivant une voie bien balisée, définie par les moyens expérimentaux les plus couramment utilisés dans le domaine. Ainsi, outre la répétition de protocoles semblables sur différentes lignées cellulaires, les auteurs ont varié les techniques de transformation, les gènes étudiés, les quantités mesurées (ARN, protéines, activité enzymatique, effets physiologiques), le type de promoteurs utilisés pour induire la synthèse des ARN. De manière caractéristique, la plupart des articles publiés entre 1984 et 1998 l'ont été non pas pour l'éclairage qu'ils apportent sur le mécanisme moléculaire de l'interférence à ARN, mais pour la réalisation de prouesses techniques : transformation *in vivo* d'embryons de nématodes (Fire, 1991), de plantes (Smith, 1988), utilisation de gènes bactériens liés à des promoteurs issus de cellules végétales (Izant, 1985)...Ainsi, ce dernier article propose-t-il une grande variété de techniques pour parvenir au même résultat : utilisation de promoteurs sous dépendance hormonale, transformations stables ou transitoires, par transfection ou micro-injection, mesure de la quantité d'ARNm, de protéines, du taux de croissance cellulaire... Bien évidemment, le fait d'exploiter toutes les ressources méthodologiques offertes par un champ donné (ici, la biologie moléculaire) est tout sauf critiquable. C'est une démarche tout à fait naturelle et sans aucun doute la seule possible lorsque l'on cherche à étudier de manière générale un phénomène mal connu – ici, l'interférence à ARN. Par contre, une fois accepté cet état de fait, il devient difficile de mettre en avant le non-conformisme des questions posées et des protocoles suivis et le caractère imprévisible des résultats obtenus. Il apparaît, bien au contraire, que les recherches de science pure portant sur l'interférence à ARN ont été des plus conformistes et prévisibles, dans le sens où elles ont toutes cherché à mettre en œuvre un type similaire d'expérimentation : faire exprimer à un type cellulaire C un gène G et un fragment de l'anti-sens correspondant *anti-G* en utilisant la technique T . Cette formule de base a défini un véritable *programme* (P) de recherche, conduisant au développement d'investigations selon une logique bien établie, dépendante de l'état (connu) des méthodes disponibles dans le champ de la biologie moléculaire. Le déploiement de ce programme durant plus d'une décennie a conduit les scientifiques à acquérir une bonne maîtrise méthodologique de la manière dont rendre visible, en tant que phénomène de laboratoire, l'interférence à ARN. Parallèlement, la connaissance fondamentale des mécanismes moléculaires qui le sous-tendent a très peu progressé. Comme le notait des biologistes en 1993, « l'introduction de gènes en configuration anti-sense dans des cellules eucaryotes est maintenant devenue une *routine*,

mais les mécanismes par lesquels l'expression génétique est inhibée sont très peu connus » (Nellen et Lichtensein, 1993, p. 419, *nous soulignons*). Cette remarque nous semble résumer à merveille le point que nous cherchons à souligner ici : la ligne d'investigation que nous avons rapprochée de la science pure autonome (c'est-à-dire étudiant le phénomène d'interférence à ARN en général, en utilisant les méthodes, techniques et objets disponibles dans un certain champ disciplinaire, et suivant les problèmes endogènes qu'elle identifie) s'est caractérisée par le déploiement routinier, programmatique et sans surprise de protocoles similaires de mieux en mieux maîtrisés. Autrement dit, les scientifiques sont restés strictement dans le périmètre défini par les limites théoriques et méthodologiques de leur domaine (la biologie moléculaire). Loin d'être issues d'esprits non conformistes, explorant le phénomène d'interférence à ARN hors des sentiers battus, les investigations menées par les différentes études évoquées ici appartenaient à un champ étroitement délimité. Le type de questions posées ont été celles qui étaient susceptibles d'être résolues dans le cadre théorique et expérimental en vigueur dans la discipline. Les savoirs et les savoirs-faire disponibles ont donc exercé une pression notable sur le déroulé de l'enquête. Ainsi, l'une des seules voies de recherche concevables a-t-elle consisté à appliquer de manière systématique le programme *P* défini plus haut. La conséquence de cette recherche programmatique a été une accumulation de résultats parfaitement *attendus*, venant conforter la ligne définie dès le départ par les travaux de Izant (1984) – travaux eux-même déterminés, d'ailleurs, par un besoin d'ordre technique interne au champ de la biologie moléculaire (étudier les gènes de lignées cellulaires modèles). Autrement dit, il y a ici une forme très claire de co-détermination du bagage théorique, des questions formulées et des moyens expérimentaux à disposition, venant baliser et contraindre les directions prises par l'enquête, ainsi que ses résultats. Nous reviendrons sur ce point dans la section suivante, armés des remarques de Hacking sur la dynamique interne des sciences de laboratoire, réinvesties par le conception pragmatiste de l'enquête.

L'élucidation du mécanisme précis sous-tendant le phénomène d'interférence à ARN a pu cependant bénéficier de résultats sortants de ce cadre expérimental et proprement inattendus. Ces derniers ont émergé d'une seconde ligne de recherche, ancrée dans les observations de Napoli *et al.* (1990) portant sur la couleur des pétales de pétunias.

Les travaux menés par Napoli et Jorgensen avaient pour but d'intensifier la couleur pourpre des pétunias en introduisant une copie du gène codant pour une enzyme responsable de la synthèse du pigment présent dans les pétales, la chalcone synthase. Les connaissances disponibles conduisaient

en effet à supposer que la présence d'un autre exemplaire du gène en question devait permettre d'augmenter la quantité de protéine correspondante, son activité enzymatique et donc la concentration de pigments dans les pétales. Contre toute attente, les auteurs observèrent une extinction de la couleur (les pétales devinrent blancs), mettant ainsi en évidence le phénomène dit de *co-suppression* : l'ajout, dans une cellule végétale, de la copie artificielle d'un gène naturellement présent, peut entraîner l'inhibition des deux gènes. Cette observation peut être considérée, typiquement, comme un fait inattendu, le résultat obtenu n'étant pas concevable dans le cadre théorique en vigueur. Son utilisation par Alain Prochiantz, évoquant, dans le cadre de l'argument d'imprévisibilité, les « expériences sur la couleur des pétales des pétunias », semble donc justifiée. Cependant, il omet de noter un élément important : Napoli et Jorgensen étaient financés par la DNA Plant Technology Company et cherchaient à créer une nouvelle variété commercialisable de pétunias. Ils n'étaient donc pas guidés par un « esprit de pure curiosité cognitive », mais menaient leurs travaux dans le cadre d'une science inspirée par l'usage. Leur publication, citée aujourd'hui plus de 3000 fois, a immédiatement donné lieu à de nombreux travaux cherchant à donner un sens à ce phénomène surprenant. Tout d'abord, plusieurs études ont permis de démontrer l'implication, dans le phénomène de co-suppression, de petits ARN produits par la cellule (Mol *et al.*, 1991 ; Kooter et Mol, 1993 ; Waterhouse, 1998 ; Hamilton et Baulcombe, 1999). Ces petits ARN ont alors été reconnus comme les agents principaux de la voie des ARN interférents (Mello, 2004). Ce pont établi entre la co-suppression et les observations réalisées par la première voie de recherche que nous avons évoquée s'est dès lors révélé très fructueux pour identifier les acteurs moléculaires impliqués dans le phénomène (Ketting et Plasterk, 2000).

L'objectif de ce petit rappel historique n'est évidemment pas de montrer que les recherches de Jorgensen et Napoli ont été absolument nécessaires à l'élucidation du mécanisme des ARN interférents, résultat que la science pure n'aurait, elle, jamais pu obtenir. Cette conclusion serait tout aussi inexacte que celle, inverse, défendue par Prochiantz ou Ben-Ari – la découverte des ARN serait le fruit inattendu d'une recherche menée dans un pur esprit de curiosité cognitive. Notre analyse permet cependant d'établir solidement quelques points qui nous semblent intéressants pour la suite de ce travail. Tout d'abord, nous avons démontré de manière détaillée ce que nous suspicions précédemment : les argumentaires pro-autonomie manquent parfois singulièrement de rigueur dans leur utilisation des exemples historiques. Ces derniers sont survolés sans analyse et mis au service d'une vision idéalisée et simplificatrice de l'activité scientifique. Ici, l'évocation de la découverte des ARNi

et des expériences de Jorgensen sur la couleur des pétales de pétunias, pour défendre la valeur épistémique d'une science menée par la « pure curiosité cognitive », illustre à merveille ce type d'errance argumentative. Car – et c'est notre second point – si imprévisibilité il y a eu, elle revient sans conteste aux résultats de Napoli et Jorgensen, produits dans le contexte d'une science clairement inspirée par l'usage. Parallèlement, les découvertes de Fire et Mello, représentants emblématiques de la ligne de recherche que nous avons associée à la science pure, ne doivent pas grand chose au « hasard », ni au « non-conformisme » (Ben-Ari, 2016). Notre étude de cas fait donc apparaître un contraste fort entre une science pure typiquement programmatique, dont n'émerge aucun résultat surprenant et une science inspirée par l'usage, source d'observations inattendues menant à un enrichissement du savoir fondamental. La question qui se pose maintenant est la suivante : peut-on, au-delà de ce cas particulier, établir des conclusions plus générales quant à la capacité d'une science fondamentale ou inspirée par l'usage à générer de l'imprévu ? Plus précisément, comment la présence de contraintes d'ordre pratique sur les problèmes posés au champ scientifique affecte-t-elle la genèse de l'inattendu ?

Avant de poursuivre l'analyse dans cette direction, notons que plusieurs pistes de réponse peuvent être proposées à partir de notre étude de cas. Premièrement, l'imprévu a émergé des expériences de Jorgensen sur la base d'une *volonté d'action sur un système mal connu*. La création d'une espèce nouvelle de pétunia n'était pas motivée par la volonté de mieux connaître les mécanismes de régulation génétique, mais d'intervenir sur ces mécanismes en se basant sur un socle minimal de connaissances – ici, le lien entre gène et synthèse de protéines. Bien entendu, toute recherche, qu'elle soit fondamentale ou inspirée par l'usage, se trouve par définition dans une situation similaire : la résolution d'un problème donné implique la confrontation, à des degrés plus ou moins importants, à des mécanismes/des phénomènes inconnus. Cependant, l'hypothèse que nous allons chercher à défendre dans la suite de ce travail pose que la présence d'enjeux pratiques accentue cet état de fait.

Deuxièmement, la problématisation de l'évènement imprévu observé par Jorgensen a été fortement motivée par sa nature d'obstacle au déploiement du programme qu'il avait défini – créer des pétunias transgéniques. Comme le note Thery (2013) :

Le contrôle de l'introduction des transgènes et celui de leur expression devait permettre de créer plus facilement des plantes transgéniques dont l'étude aiderait à répondre à des questions scientifiques précises. Un tel contrôle devait en outre permettre de produire plus efficacement des plantes modifiées, à des fins agronomiques ou industrielles. Dans ce contexte, l'extinction génique observée suite à l'introduction de transgènes, ainsi que le caractère imprédictible de cette extinction, arrivaient comme une « fâcheuse surprise », un « problème substantiel » entravant la

réalisation de ces objectifs. La plupart des sociétés agronomiques et industrielles concernées étaient en effet confrontées à des phénomènes non souhaités d'inhibition de l'expression des transgènes. La compréhension des mécanismes régulateurs sous-jacents, supposée améliorer le contrôle de ces phénomènes, devenait dès lors un enjeu agronomique et économique (p. 40).

Autrement dit, la présence d'enjeux utilitaires (agronomiques et économiques) fait émerger l'observation inattendue comme un obstacle à surmonter et motive donc sa définition en tant que problème nouveau motivant une enquête.

Dans la suite de ce chapitre, nous allons tenter de donner un tour plus général à ces considérations, en tentant de dégager quelques propriétés épistémiques spécifiques d'une science prenant en compte des problèmes qui lui sont extérieurs et en montrant que ces propriétés sont susceptibles de faire du champ scientifique un terreau fertile pour la genèse (et la problématisation) d'événements inattendus. Nous mobiliserons, dans un premier temps, les analyses de Carrier d'une part et de Hacking d'autre part, afin d'évaluer le rôle des problèmes exogènes dans la genèse de l'inattendu. Nous interpréterons ensuite ces travaux à l'aune de la perspective pragmatiste sur l'enquête.

V.7 Trois critères influant sur l'émergence de l'inattendu

Pour débiter dans cette tâche, il peut être opportun de chercher à identifier, en premier lieu, quelques conditions générales permettant de penser l'émergence de l'inattendu dans le cours d'une investigation donnée. Nous proposons, dans ce cadre, plusieurs éléments qui nous semblent importants à considérer pour rendre compte de l'imprévisibilité (au sens fort) de l'enquête.

V.7.1 Stabilisation des pratiques expérimentales

L'un des acquis du nouvel expérimentalisme a été de montrer que les objets étudiés par les sciences expérimentales sont *créés* en laboratoire et n'existent pas en tant que tel dans le monde naturel. Hacking (1983) (chap. 13) clarifie cette idée en notant que de nombreux phénomènes ne se manifestent pas en dehors d'un environnement étroitement régulé mis en place dans les laboratoires. Il donne l'exemple de l'effet Hall, qui n'existait pas avant que « [Hall] ait découvert comment l'isoler, le purifier, le créer en laboratoire » (p. 226). En d'autres termes, Hall a créé en 1879 les conditions matérielles – un courant passant à travers un conducteur, disposé à un angle adéquat par rapport à un champ magnétique – pour permettre au phénomène de se manifester. En conséquence, « si en un lieu quelconque de la nature, il y avait cet arrangement, *avec aucune autre cause intervenante*,

alors l'effet Hall interviendrait » (p. 226, *nous soulignons*). L'isolement, la purification, le contrôle des causes susceptibles d'intervenir sur le système étudié sont des étapes communes permettant de stabiliser un protocole expérimental. Le cas du programme de Morgan en génétique, analysé par Waters (2008b), manifeste les mêmes propriétés : une grande partie du travail des généticiens a consisté à mettre au point un système expérimental stable, en limitant l'action des chemins causaux inconnus agissant dans le monde réel. Dans le chapitre précédent, nous avons présenté ce mécanisme de stabilisation des pratiques expérimentales comme une manifestation particulière du conservatisme pratique découlant de la logique même des processus de recherche.

On peut s'attendre à ce que ce dernier ait un effet sur la genèse de l'inattendu. D'une part, les processus d'isolement et de purification ont pour objectif explicite de limiter l'occurrence de résultats imprévus venant faire obstacle au maintien des pratiques existantes (l'obtention de tel ou type de données, la genèse d'un phénomène en laboratoire, etc.). D'autre part, la logique de l'enquête tend à ne traiter les événements imprévus qu'en tant qu'ils constituent des obstacles au déploiement de ces pratiques. La dépendance vis-à-vis d'un système d'activités *déjà-là* joue donc négativement sur la reconnaissance des événements inattendus, ces derniers étant soit ignorés, soit traités superficiellement par « bricolage » expérimental.

Comme nous l'avons noté dans le chapitre précédent, ce conservatisme pratique s'applique également aux activités représentationnelles et conceptuelles, offrant un deuxième type de critère à prendre en compte pour penser l'émergence de l'inattendu.

V.7.2 Plasticité de l'arrière-plan épistémique

Dans notre définition de la notion d'inattendu, nous avons noté que pour être reconnu comme inattendu, un événement doit posséder une forme d'*extériorité* vis-à-vis des cadres théoriques en vigueur. À cette caractérisation générale, il faut ajouter l'existence d'un conservatisme représentationnel, similaire à celui mis en évidence dans les modèles classiques du développement scientifique comme ceux de Kuhn ou Lakatos et que nous avons inclus comme cas particulier de notre conservatisme pratique. Dans ce cadre, les anomalies ne sont susceptibles d'être prises en compte que si elles diminuent significativement la fécondité (au sens classique du terme, rappelé par Schindler, 2017) des théories/paradigmes/programmes de recherche. Cette tendance est amplifiée si l'on prend en compte les interactions entre les différents niveaux de pratiques. Ainsi, dans sa description de « l'auto-justification » des sciences de laboratoire, Hacking (1992) note à propos des travaux expérimentaux menées dans les sciences contemporaines que « leurs résultats sont plus souvent at-

tendus que surprenants » (p. 37, *nous soulignons*). Ce guidage des types de résultat obtenus par l'ajustement mutuel du cadre épistémique et des conditions expérimentales peut être bien illustré, selon nous, par les recherches menées en physique des particules – et notamment, la recherche du Boson de Higgs. L'existence de cette particule a été postulée dans le cadre du Modèle Standard de la physique théorique (Higgs, 1964). Un système expérimental complexe a été développé avec pour objectif explicite de le « découvrir » (LEP, 2003). La « découverte » est survenue en 2012 (ATLAS, 2012), mais le haut degré de dépendance théorique de ce système expérimental peut être suspecté d'induire une forme de structure *a priori* sur le phénomène observé, de telle manière que les particules comme le boson de Higgs sont sans doute plus « manufacturées » que « découvertes » (Falkenburg, 2007, p. 53). L'ajustement spontané entre théorie et système expérimental, tel que décrit notamment par Hacking (1992), tend donc à limiter l'occurrence de l'inattendu au sein des pratiques expérimentales.

V.7.3 Diversité des voies de recherche

Un troisième critère peut être relevé, plus direct que les précédents. Si les événements inattendus surviennent du fait d'un certain manque de contrôle expérimental sur les objets étudiés, la diversification des systèmes expérimentaux (des *apparatus* de Hacking) accroît mécaniquement leur probabilité d'occurrence. Ainsi, on peut s'attendre à ce qu'une certaine forme de diversité épistémique (diversité des problèmes et des questions de recherche traités) favorise l'émergence, à l'échelle du champ scientifique dans son ensemble, d'événements inattendus. Inversement, toute focalisation des chercheurs sur un nombre restreint de voies d'investigation tendra à limiter leur occurrence.

Ces trois critères ont pour objectif de relier certaines propriétés internes des processus de recherche au problème de la genèse et de la reconnaissance des événements inattendus. La logique de stabilisation des pratiques, d'une part et la concentration (*vs.* la diversification) des problèmes traités apparaissent ainsi comme des éléments importants à prendre en compte pour juger de l'hospitalité du champ scientifique à l'imprévu. Une fois ces quelques points établis, que peut-on dire des conséquences épistémiques possibles de l'importation de problèmes exogènes (définis à l'extérieur du champ scientifique¹³²) au sein du champ scientifique ?

¹³²Nous définirons plus précisément l'antagonisme entre problèmes endogènes et exogènes dans le chapitre suivant.

V.8 Problèmes exogènes et occurrence de l'inattendu

Un bon point de départ, ici, est fourni par la caractérisation que nous offre Martin Carrier de la science appliquée ou orientée par mission :

La science appliquée tend à être caractérisée par trois traits méthodologiques : le développement de *modèles locaux* plutôt que de théories unifiées, l'utilisation de *relations causales contextualisées* plutôt que de mécanismes causaux, la confrontation à des *expériences réelles* (*real-experiment*) plutôt qu'à des expériences de laboratoire conduites pour répondre à des questions théoriques (Carrier, 2004b, p. 4, nous soulignons).

Carrier propose donc trois thèmes (que l'on retrouve sous la même forme dans Carrier, 2004a et Carrier, 2010) pour différencier science pure et inspirée par l'usage : les notions de *modèle local*, de *relation causale contextualisée* et d'*expérience réelle*. Notons immédiatement que ces dichotomies ne nous semblent pas pleinement convaincantes. La littérature se rattachant au *practical turn* a en effet largement insisté sur le fait que situer le moteur de la science dans la recherche de cadres théoriques généraux et unifiés était une conception bien trop idéalisée des objectifs qu'elle poursuit. Le caractère « local » des modèles développés par la science la plus fondamentale a ainsi été souligné à de nombreuses reprises (par exemple Waters, 2014). Réciproquement, il n'y a pas de raisons convaincantes à considérer que la contrainte de l'utile ne puisse pas contribuer à développer une recherche de laboratoire similaire à celle que Carrier rattache à la science fondamentale. Cependant, même sans faire l'hypothèse de l'existence d'une science fondamentale essentiellement distincte de la science « inspirée par l'usage », les oppositions construites par Carrier nous semblent pertinentes pour préciser les conditions épistémiques favorables à l'occurrence de l'inattendu. Le premier antagonisme, s'appuyant sur la notion de modèle local, est proposé par Carrier sur la base de sa relecture de la *finalization thesis* (Böhme *et al.*, 1976, 1983), cherchant à établir un modèle de l'interaction entre problèmes endogènes et exogènes dans le guidage de la science. Nous le laissons de côté pour le moment, réservant la discussion de la *finalization thesis* à la partie 3.

V.8.1 Relations causales contextuelles

Pour Carrier, une caractéristique centrale des sciences inspirées par l'usage est leur utilisation de relations de causalité en l'absence de connaissance précise des mécanismes sous-jacents. Ces relations sont donc « contextualisées » dans le sens où « elles ne fonctionnent que sous des conditions « normales » et ne considèrent pas tous les processus causaux à l'œuvre. Les investigations guidées

par des intérêts pragmatiques ciblent de telles relations cause-effet prévalant dans des conditions « typiques » et qui sont donc habituellement suffisantes pour amener l'effet souhaité » (Carrier, 2004b, p. 5). Pour illustrer cette notion, Carrier mobilise le cas des molécules thérapeutiques :

Les assertions concernant l'efficacité thérapeutique de certains remèdes utilisés en médecine sont initialement basées sur des « relations causales contextuelles ». La proposition selon laquelle « l'aspirine soulage les maux de tête » tombe dans cette catégorie : elle est généralement vraie, mais connaît des exceptions pour des personnes ou dans des conditions particulières et ne contient aucune connaissance sur la manière dont la drogue fait effet. Si son efficacité doit être améliorée ou les effets secondaires contrôlés, le mécanisme de son action doit être clarifié (Carrier, 2010, p. 8).

La présence d'objectifs pratiques pousserait donc à agir sur des relations causales connues seulement superficiellement. Même sans adhérer aux catégories élaborées par Carrier (la distinction entre science fondamentale et inspirée par l'usage), rappelons que la logique interne de la recherche vise à stabiliser les pratiques – en particulier, les pratiques expérimentales. Dans ce contexte, l'importation de problèmes exogènes est susceptible d'avoir une action *déstabilisatrice* sur les systèmes de pratiques : en formulant des problèmes en dehors de la mécanique auto-justificative des sciences de laboratoire, ils contribuent à contrer le conservatisme pratique et ses effets négatifs sur l'occurrence de l'inattendu. La manifestation de relations causales contextuelles pourrait ici jouer un rôle important. En effet :

Les relations causales contextuelles sont moins fiables que les généralisations théoriques. La raison en est qu'elles sont confinées à des circonstances normales et il arrive fréquemment que la présence de facteurs perturbants (*distorting factors*) invalident de telles relations et les rendent inutilisables comme fondement pour l'intervention (...). Mettre de tels facteurs perturbants sous contrôle nécessite de connaître la chaîne causale complète. Les objectifs pratiques conduisent donc la recherche appliquée vers des recherches plus cognitives (*epistemic goals*), visant la mise au jour des mécanismes causaux (Carrier, 2008, p. 8).

Comme nous l'avons suggéré précédemment, l'intervention de mécanismes causaux inconnus au sein d'un dispositif expérimental donné est un facteur conditionnant le caractère imprévisible (au sens fort) de l'enquête. Or, la méconnaissance des mécanismes sous-jacents à une relation du type « C cause E » augmente la probabilité d'obtenir un effet E inattendu en intervenant directement sur la cause C . Afin d'éclairer et de conforter cet argument, nous proposons de nous pencher sur deux exemples qui illustrent bien, à notre sens, les conséquences épistémiques de l'usage de relations causales contextualisées liées à l'importation au sein du champ scientifique de problèmes exogènes.

Le premier a été développé au début de ce chapitre : il s'agit de la découverte du phénomène d'interférence à ARN. Nous avons montré qu'un tournant important des investigations sur ce thème a été opéré grâce aux résultats inattendus obtenus par Jorgensen et Napoli. Ces derniers menaient une recherche typiquement inspirée par l'usage, puisqu'il s'agissait de créer une lignée de pétunias commercialisables présentant une couleur pourpre plus intense. Le résultat imprévu qui s'est manifesté à eux (l'extinction de la couleur des pétales) est lié à l'intervention d'un chemin causal inconnu – les ARNi – sur la relation causale binaire liant les événements *introduction du gène de la Chalcone Synthase* (cause) et *synthèse de pigment pourpre* (effet attendu). On se trouve donc typiquement dans le cas où des « facteurs perturbants » (Carrier, 2008, p. 8) viennent modifier la conséquence escomptée d'une intervention expérimentale. Ce qui est important, c'est que cette observation inattendue a eu un rôle épistémique *actif* sur l'enquête concernant le phénomène d'interférence à ARN. Elle n'a pas seulement été le signe d'un défaut de connaissances, comme le décrit Carrier : elle a également orienté l'investigation dans une certaine direction. La proximité, typique de ce que Böhme *et al.* (1976) nomme « phase post-paradigmatique¹³³ », des enjeux théoriques et pratiques, a permis de faire fructifier immédiatement ce résultat imprévu. En particulier, Jorgensen et Napoli ont été laissés libres, par la DNA Plant Technology Corporation, de publier et d'approfondir ces résultats (Napoli *et al.*, 1990). Leur article fondateur, cité plus de 3000 fois à ce jour, a ainsi fortement contribué à élucider le mécanismes des ARNi. Finalement, l'utilisation de relations causales contextuelles, motivée par le souci de l'utile, a joué en faveur de la genèse d'une observation imprévue ; cette dernière, dans un contexte post-paradigmatique, a pu enrichir considérablement l'arrière-plan théorique offert par la biologie moléculaire.

Le deuxième exemple sur lequel nous souhaitons nous arrêter ici s'inscrit au sein du cadre de la recherche contre le cancer, dans le contexte de la médecine clinique. Notons tout d'abord que, de manière générale, un grand nombre de thérapies anti-tumorales sont basées sur des relations causales contextuelles. Typiquement, s'il est avéré qu'une protéine est massivement exprimée dans les cellules cancéreuses, des médicaments sont conçus ayant pour but de l'inhiber et ce même si les mécanismes moléculaires dirigeant son action ne sont pas connus. Par exemple, plusieurs types

¹³³Nous avons décrit dans le premier chapitre les grandes lignes du modèle de développement scientifique proposé par la *finalization thesis*. Nous reviendrons sur ce modèle dans la partie 3 de ce travail (chapitre VII).

de protéines favorisant l'angiogenèse (la croissance des vaisseaux sanguins) et notamment le VEGF (Vascular Endothelial Growth Factor) sont très actives dans les cellules tumorales. En conséquence, des molécules anti-VEGF ont été élaborées et cliniquement testées sans connaître les chaînes causales complètes dans lesquelles le VEGF est impliqué (Sitohy, 2012). Ces essais cliniques ont mené à des résultats imprévus : il est apparu que l'utilisation d'une molécule anti-VEGF (Avastin) tend plutôt à *stimuler* (et non à inhiber, comme on pouvait s'y attendre de la part d'un agent anti-angiogénique) la croissance tumorale (Lieu *et al.*, 2013). De manière intéressante, cette observation a conduit à de nouvelles voies de recherches, visant à identifier le réseau moléculaire à l'origine de ce phénomène de résistance. En particulier, l'enquête s'est dirigée vers la compréhension fine des mécanismes causaux sous-tendant l'action du VEGF (Moens *et al.*, 2014). Ainsi, par exemple, la découverte de nouveaux types de VEGF et l'étude de la dynamique de leur expression dans les cellules tumorales est devenu un programme de recherche important (Li *et al.*, 2014). Ces travaux ont donc permis de construire de nouvelles connaissances fondamentales sur l'action des protéines de la famille VEGF. Comme dans l'exemple précédent, l'utilisation de relations causales contextuelles a donc précipité l'occurrence d'observations imprévues et *problématiques* (faisant obstacle à une certaine pratique), observations ayant immédiatement ouvert la voie à de nouvelles directions de recherche.

Ainsi donc, en facilitant l'intervention de chemins causaux inconnus, l'importation de problèmes exogènes pourrait favoriser la genèse de l'inattendu. Dans un contexte post-paradigmatique, caractérisé par de fortes interactions entre le savoir fondamental et son application à des objets particuliers, le souci de l'utile n'est donc pas un frein, bien au contraire, à la dynamisation de l'enquête par la reconnaissance d'évènements inattendus. La logique de stabilisation des pratiques, défavorable à l'occurrence de l'inattendu, est en effet susceptible d'être perturbée par la prise en compte de problèmes générés à l'extérieur des systèmes de pratiques. Les programmes de recherche sur les ARNi en constituent un exemple frappant. Comme nous l'avons montré, les pratiques strictement endogènes au champ scientifique ont consisté à reproduire un même type d'expérience : faire exprimer à un type cellulaire C un gène G et un fragment de l'anti-sens correspondant *anti-G* en utilisant la technique T . La logique de l'enquête a conduit ici, assez typiquement, à une stabilisation des pratiques, ces dernières ne produisant, en conséquence, que du prévisible. À l'inverse, les expériences sur les pétales de pétunias sortent de ce cadre : il s'agit d'une expérience sur un organisme non classiquement utilisé en laboratoire, portant sur un gène caractérisé depuis peu et mobilisant une

relation causale contextuelle basée sur un principe très général de la biologie moléculaire (un gène conditionne la synthèse d'une protéine).

V.8.2 Expériences réelles *vs.* expériences de laboratoire

Ce couple d'opposition fait écho à la logique de purification, d'isolement des phénomènes, couplée à la dynamique d'ajustement entre « différents types de théorie, de dispositifs et de types d'analyses » (Hacking, 1992, p. 30). Encore une fois, si l'association de la science fondamentale aux « expériences de laboratoire » (et de la science inspirée par l'usage aux « expériences réelles ») est discutable, l'importation de problèmes exogènes dans le champ scientifique peut effectivement être conçue comme une introduction d'objets nouveaux, dont la *réalité* s'oppose au haut degré de contrôle des phénomènes étudiés en laboratoire. Nous retrouvons ici une idée proche de celle développée dans la section précédente et le cas des ARNi peut là encore nous permettre de saisir le sens de l'antagonisme proposé par Carrier. L'étude de la régulation de l'expression génétique par les ARN anti-sens dans les années 1980-2000 s'intégrait parfaitement dans une logique disciplinaire (un système de pratiques) imposant le type de protocole à mettre en œuvre : utilisation d'organismes ou de lignées cellulaires modèles sélectionnés pour le travail de laboratoire, application à des gènes dont la structure et les effets sont bien connus, mise en œuvre de différentes techniques de transformation génétique, collecte de certaines données classiques en biologie moléculaire (mesure d'activité enzymatique, observation de la croissance des organismes, immuno-marquage des protéines, mesure par électrophorèse de la quantité et de la structure des protéines et des ARN cellulaires). Autrement dit, les problèmes de recherche posés dépendaient étroitement de l'ensemble des pratiques préexistant au sein du champ scientifique. Ces dernières ont conduit à définir un programme de recherche visant avant tout à *produire* artificiellement, dans différentes conditions, le phénomène d'interférence à ARN. Ce dernier, pour le dire dans les termes de Hacking, a ainsi été créé de toutes pièces. Il ne s'agissait pas alors d'étudier les mécanismes de la production des ARNi par une cellule vivante, dans des circonstances naturelles, mais de mimer l'effet d'une interférence entre un ARN messager et son ARN anti-sens (soit en injectant directement des ARN anti-sens, soit en insérant le gène correspondant). Par contraste, on peut dire que Jorgensen et Napoli se sont confrontés *au monde réel*, pour reprendre l'expression de Carrier : leurs manipulations ont en effet conduit à l'activation spontanée de la voie ARNi dans les cellules constituant les pétales de leurs pétunias.

V.9 Bilan : une réponse à l'argument d'imprévisibilité

Dressons un court bilan des analyses précédentes. Nous avons montré, tout d'abord, que le conservatisme pratique, conséquence de la tendance à la stabilisation des systèmes de pratiques, était susceptible d'avoir un effet négatif sur l'occurrence de l'inattendu. D'une part, les événements inattendus, lorsqu'ils se manifestent, ne sont considérés et reconnus qu'en tant qu'ils constituent des obstacles au déploiement des pratiques en cours. D'autre part, une dynamique complexe (décrite par Hacking par le concept d'ajustement mutuel des théories et de l'apparatus) tend à installer un contrôle étroit des pratiques, visant à limiter l'émergence de tels obstacles. Le point important est que ces propriétés sont inhérentes à tout processus de recherche. En toute logique, une manière de contrer cette forme spontanée de conservatisme serait donc d'importer des problèmes exogènes, non générés par les systèmes de pratiques existant au sein du champ scientifique. En renouvelant les objets et les questions traitées, on génère un terrain favorable à l'émergence d'événements imprévus : les contrastes entre les lignes de recherche fondamentale et inspirée par l'usage (ou, plus rigoureusement, orientées majoritairement par des problèmes endogènes *vs.* guidées par des problèmes exogènes) dans le cas des travaux sur les ANRi illustre bien cette logique de rupture dans les pratiques.

Finalement, la mise en évidence d'un conservatisme pratique comme propriété essentielle de tout processus de recherche (et *a fortiori*, des recherches menées au sein du champ scientifique) amène à critiquer l'argument d'imprévisibilité : l'imperméabilité du champ scientifique aux problèmes exogènes d'une part et la liberté individuelle des scientifiques d'autre part, peuvent avoir un impact négatif sur la genèse et la gestion de l'inattendu – et donc, sur la fécondité de la science, conçue comme sa capacité à poser et à résoudre des problèmes nouveaux. Bien entendu, la question de savoir si cet effet est négatif pour la *productivité épistémique* elle-même reste ouverte. De même, reste encore à se demander à quel point un certain degré de pilotage (finalisation, centralisation, externalisation) de la distribution des ressources pourrait se révéler bénéfique pour la productivité épistémique de la recherche.

CONCLUSION DE LA PARTIE 2

L'objectif de cette partie était de décrire certains mécanismes d'identification et de sélection des questions de recherche, telles qu'elles émergent (raient) spontanément d'une communauté scientifique idéalement autonome, constituée d'individus libres. L'enjeu est double. D'une part, cette question possède un intérêt épistémologique intrinsèque, pour l'appréhension de la dynamique de la science. D'autre part, il s'agit pour nous d'apporter des réponses aux arguments pro-autonomie (thèse I, libérale), défendant un principe de libre enquête (et un mode de gouvernance associé, laissant les chercheurs libres de suivre leur curiosité) comme une nécessité épistémique. En cela, cette question possède une forte dimension politique – ayant trait à la gestion des ressources allouées à la recherche publique. Nous avons mobilisé, pour l'aborder, plusieurs traditions philosophiques. Premièrement, nous avons exposé certaines formes contemporaines prises par le problème du conservatisme en science, tel qu'il est développé au sein de la littérature sur la division du travail cognitif. Notre critique des travaux qui y sont associés porte surtout sur l'absence d'une authentique réflexion épistémologique sur la manière dont sont posés les problèmes à résoudre au sein du champ scientifique. Nous avons alors proposé d'adopter une conception de la dynamique des sciences inspirée de la logique pragmatiste de l'enquête (celle de Dewey en particulier). En nous appuyant sur un cas empirique (la découverte de la nature chimique de l'information génétique par Avery), nous avons montré que cette dernière rend mieux compte des formes prises par le conservatisme que les modèles classiques du développement scientifique, comme ceux de Kuhn ou Lakatos. Afin de préciser les contours de ce *conservatisme pratique*, nous avons alors mobilisé les travaux contemporains s'inscrivant dans le *practical turn*, ce qui nous a permis d'assimiler ce conservatisme à un mécanisme de stabilisation des systèmes de pratiques. Cela nous a conduit à redéfinir le concept de spéculation non en termes de manque de contenu empirique, mais de déconnexion vis-à-vis des pratiques existantes. Réciproquement, nous avons montré comment la logique pragmatiste permettait de résoudre certaines apories des modèles décrivant la dynamique de la science comme ensemble de pratiques hétérogènes. En particulier, la perspective pragmatiste sur le concept de *curiosité* fournit un moteur à l'évolution des pratiques, une fois abandonnée l'idée que la science avance pour bâtir un système

de connaissances unifié et cohérent. Nous avons enfin mobilisé ces analyses pour bâtir une critique d'une forme classique de la thèse I – l'argument d'imprévisibilité. La conclusion générale que nous proposons, à ce stade, est la suivante : il existe une forme de conservatisme endogène au champ scientifique, poussant à la stabilisation des systèmes de pratique. Ce conservatisme joue négativement sur la fécondité de la recherche, en contraignant fortement le type de problèmes jugés importants à résoudre. Notons bien qu'il ne s'agit pas, ici, d'émettre un jugement sur les conséquences épistémiques de cette dynamique, mais simplement de remettre en cause l'idée selon laquelle l'autonomie scientifique est nécessairement garante de fécondité épistémique, conçue classiquement comme capacité à poser et résoudre des problèmes nouveaux – et plus précisément, authentiques.

La majeure partie des analyses menées dans cette troisième partie considèrerait un hypothétique « état de nature scientifique » (Kummerfeld et Zollman, 2016), décrivant un champ scientifique constitué d'individus libres et idéalement autonomes – imperméables aux problèmes définis hors du champ scientifique (exogènes). Nous avons cependant suggéré, dans le dernier chapitre, que l'importation de problèmes exogènes pouvait avoir un impact positif sur la fécondité du champ scientifique. Cette observation interroge les conséquences épistémiques d'une (im)perméabilité du champ scientifique aux problèmes exogènes. Plus largement, elle ouvre la question de l'« orientation sociale du progrès scientifique » (Böhme *et al.*, 1976, 1983) : quels rôles jouent et devraient jouer les pressions externes (économiques, sociales, politiques) dans le guidage de la recherche ? Comme nous l'avons vu, un ensemble d'arguments existent qui défendent la nécessité de maintenir une science fondamentale n'ayant pas d'autres objectifs que la poursuite du savoir pour lui-même (thèse II, anti-utilitariste). L'objectif de la partie suivante est de cerner la portée et les limites de ces arguments, à partir d'analyses empiriques portant sur le développement des savoirs en biologie au cours du XX^e siècle.

PARTIE 3

PROBLÈMES ENDOGÈNES ET EXOGÈNES DANS LA DYNAMIQUE DE LA RECHERCHE

INTRODUCTION

Comment interagissent les problèmes identifiés à l'intérieur et à l'extérieur de la sphère scientifique dans la production des connaissances ? Quelles sont les conséquences épistémiques de cette interaction ? La thèse II (anti-utilitariste), identifiée dans le chapitre I, propose une réponse à ces questions qui se fonde sur la distinction entre une science fondamentale, uniquement guidée par des problèmes d'ordre cognitif (comprendre le monde) et une science appliquée ou inspirée par l'usage, dirigée par le souci de l'utile. La supériorité épistémique de la première de ces catégories est alors affirmée, d'une part, sur la base d'une valorisation de la libre curiosité comme moteur pour l'exploration de l'inconnu et d'autre part, en valorisant la connaissance pour la connaissance, contre une certaine forme d'utilitarisme. Nous avons montré, dans la partie précédente, que la défense de la liberté individuelle contre le pilotage centralisé mobilisait une conception de la dynamique de la science niant l'existence de fortes contraintes, inhérentes au champ scientifique, déterminant le type de problèmes définis comme intéressants à traiter. Nous avons explicité la nature de ces contraintes, que nous avons contrastées avec celles mise au jour par les modèles classiques de la dynamique de la science, notamment ceux de Kuhn et Lakatos. Afin d'affiner la perspective proposée par la tradition pragmatiste, nous avons cherché à renouveler les notions de pratique scientifique et de situation. Cette dernière est décrite comme structurée par une superposition de pratiques internes et externes au champ scientifique, dont l'interconnexion définit l'authenticité des problèmes qui y émergent. Nous nous sommes alors focalisés sur la dynamique interne du champ scientifique – celle qui dirige(ra)it l'orientation des recherches dans le cas d'une communauté idéalement libre. Nous en avons tirés un certain nombre de conclusions d'ordre épistémologique (sur la nature du conservatisme en science) et quelques réponses possibles à la thèse I (libérale).

L'étape suivante consiste alors, en toute logique, à intégrer au raisonnement la question de la *nature* des objectifs fixés : quel impact la prise en compte de problèmes définis à l'extérieur du champ scientifique a-t-elle sur la production des connaissances ? Tout comme celles posées dans la partie 2, cette question a un intérêt pour le débat sur l'autonomie, en tant qu'elle interroge la pertinence

de la thèse anti-utilitariste. Mais elle a également une importance épistémologique en elle-même, indépendamment de ses implications pour la gouvernance des sciences. Nous avons présenté, dans le premier chapitre, quelques travaux visant à y apporter une réponse. De la *finalization thesis* aux analyses de Carrier sur les propriétés épistémiques de la science orientée par les applications, en passant par la notion de science inspirée par l'usage (Stokes, 1997), un certain nombre d'auteurs soulignent la valeur épistémique d'une recherche menée dans le but de répondre à des problèmes non strictement épistémiques. Il s'agit donc, dans ce cadre, de reprendre la catégorisation invoquée par les partisans de la thèse II : tout en assumant la pertinence épistémologique de la notion de science fondamentale, on montre que *la présence d'enjeux utilitaires n'a pas nécessairement d'effet négatif sur la production des connaissances*. Notre objectif, dans cette partie, est tout d'abord de radicaliser cet argument. Nous montrons (chapitre VI) que reconnaître la valeur épistémique d'une science inspirée par l'usage, ou orientée par les applications, tout en affirmant l'existence d'une science fondamentale ayant des propriétés spécifiques liées à la nature des fins qu'elle poursuit, introduit une série de paradoxes. Afin de les résoudre, nous proposons de déplacer la ligne de partage entre le fondamental et l'appliqué vers un antagonisme entre problèmes endogènes (soulevés dans le cours de la recherche scientifique, quel que soit son objet) et exogènes (soulevés hors de tout processus de recherche mobilisant les normes/méthodes typiques de l'activité scientifique). Une fois ce point établi (chapitre VI), nous étudions les mécanismes d'interaction entre problèmes endogènes et exogènes dans l'histoire de la biochimie, de la génétique et de la biologie moléculaire et nous montrons les effets positifs de cette interaction sur la production des connaissances (chapitre VII). Ces effets positifs sont liés à la fois à une diversification des problèmes traités (et donc à une augmentation de la fécondité épistémique du champ scientifique) et à l'espace laissé aux interactions entre les différents niveaux de la pratique scientifique. Nous comparons cette dynamique au modèle proposé par la *finalization thesis* et nous montrons que cette dernière ne rend pas bien compte de l'« orientation sociale du progrès scientifique » dans les cas que nous développons. Dans le chapitre VIII, nous suggérons que la complexité propre à de nombreux phénomènes biologiques joue un rôle dans la perméabilité constitutive du champ scientifique aux problèmes exogènes. Nous développons cet argument sur la base d'études de cas (la cancérologie et la psychiatrie), que nous comparons aux positions défendues par Mitchell et Longino à propos des liens entre pluralisme, complexité et politique des sciences.

CHAPITRE VI

SCIENCE FONDAMENTALE ET APPLIQUÉE : RETOUR SUR UNE DICHOTOMIE

VI.1 Introduction

Dans la partie précédente, nous avons proposé une conception de la dynamique de la recherche fournissant un cadre conceptuel pour penser l'interaction entre différents registres de problèmes susceptibles d'orienter le champ scientifique. Nous avons mobilisé pour ce faire, la notion de système de pratiques et décrit trois niveaux distincts d'activité scientifiques. Ces dernières sont sources d'indéterminations qui constituent un principe d'évolution des pratiques et de progrès des connaissances. Dans ce cadre, se pose la question des liens tissés entre le champ scientifique, lieu privilégié de l'enquête, et ses *extérieurs*. Quels sont les mécanismes d'interaction entre les problèmes *endogènes* et *exogène* au champ scientifique ? Cette question se pose au niveau descriptif (comment, dans l'histoire, les problèmes rencontrés dans les sphères sociales, économiques, politiques sont venus orienter l'enquête scientifique ?) et au niveau normatif : cette dynamique est-elle, ou peut-elle être, épistémiquement positive ? À quelles conditions ? La thèse II tente précisément d'apporter une réponse à ces interrogations, en posant la supériorité épistémique d'une science *close sur elle-même*, suivant de pures exigences cognitives indépendamment de l'utilité que peut revêtir la recherche en dehors du champ scientifique. Nous l'avons souligné, cette thèse se fonde sur la possibilité d'établir une ou plusieurs distinctions entre les catégories de science pure, fondamentale, inspirée par l'usage et appliquée. Cependant, comme nous l'avons également souligné, rien n'est plus flou que les frontières à assigner à ces catégories. L'étude de Calvert et Martin (2001) a bien montré que les scientifiques eux-mêmes n'étaient pas vraiment au clair avec les définitions à apporter à la notion de science fondamentale. En particulier, l'appel à la curiosité naturelle cohabite avec le rejet de l'utilité. Or, il nous apparaît assez nettement désormais que l'association de ces deux dimensions ne va pas forcément de soi. D'une part, en effet, il n'y pas de raisons de penser qu'un scientifique faisant usage de sa « curiosité » s'intéressera inévitablement à des problèmes éloignés d'une quelconque utilité.

Tout le travail autour de la science « inspirée par l’usage » (Stokes, 1997), ou « dominée par les applications » (Carrier, 2004b) vise justement à se défaire de cette idée préconçue. D’autre part, nous avons donné un tour plus théorique à ces remarques dans la partie 2, en montrant qu’une lecture pragmatiste de la notion de curiosité était sans doute plus adéquate. Celle-ci nous est apparue comme un instrument permettant de repérer et de problématiser des indéterminations au sein d’une situation et éventuellement, de motiver leur résolution. Dans cette perspective, la curiosité n’est pas liée à un type d’objet particulier : un ingénieur cherchant à améliorer la qualité d’un signal de télécommunication fait tout autant preuve de curiosité qu’un scientifique mettant au point un protocole d’observation microscopique, testant un nouveau médicament, ou établissant des équations censées unifier la mécanique quantique et la relativité générale.

Est-ce à dire que la notion de science fondamentale ne recouvre aucune réalité ? Qu’elle n’est qu’une catégorie rhétorique utilisée par les scientifiques pour défendre leurs privilèges ? Doit-on alors soutenir que la *provenance* des problèmes traités par le champ scientifique n’a aucune importance épistémique ? Nous aimerions montrer, dans ce chapitre, qu’il n’en est rien. Face aux travaux, nombreux, des historiens et sociologues des sciences suggérant la grande perméabilité de la science aux questions non strictement épistémiques (chapitre II), nous pensons que la dichotomie fondamentale *vs.* appliqué doit être déplacée, certes, mais pas dissoute. Afin de sauver cette catégorisation, il nous semble, nous l’avons déjà noté, qu’une stratégie comme celle déployée par Raynaud (2016) n’est pas la bonne : en liant de manière trop stricte la science véritable à une recherche explicitement détachée du souci de l’utile, il en exclut d’emblée un grand nombre de domaines (notamment, les biotechnologies), qui contribuent pourtant notoirement au progrès des connaissances fondamentales. Si l’espèce *science fondamentale* peut avoir un sens, ce dernier doit se passer, selon nous, de toute référence à l’(in)utilité. La lecture que nous développons de ce concept, dans ce chapitre, est directement issu du modèle de la dynamique de la science proposé précédemment. L’idée maîtresse que nous avançons est la suivante : la ligne de fracture pertinente que tente de tracer la notion de science fondamentale est celle qui sépare les problèmes *endogènes*, émergeant de la logique interne de l’enquête, des problèmes *exogènes*, identifiés dans le reste du monde social. Cette distinction ne fait aucune référence à l’*utilité* : en toute rigueur, les problèmes endogènes peuvent être tout à fait éloignés de toute considération cognitive. D’une part, les objectifs généraux poursuivis peuvent être explicitement motivés par des questions non strictement épistémiques – c’est le cas de la science inspirée par l’usage. D’autre part, la partition tridimensionnelle que nous avons proposée pour carac-

tériser la pratique scientifique dégage un niveau purement *technique*, générant des problèmes en tout point similaires à des problèmes d'ingénieurs, ou d'artisans – demandant, par exemple, de trouver des « astuces » expérimentales qui ne donnent lieu à aucune compréhension, aucune explication des phénomènes en jeu. Réciproquement, les problèmes exogènes peuvent tout à fait, en droit, être de nature cognitive. Plus précisément, une indétermination vécue en dehors du champ scientifique peut conduire à identifier un problème purement cognitif. Nous donnerons des exemples plus concrets de ce type de mécanismes dans les chapitres suivants.

Afin d'établir ce point, nous revenons, dans ce chapitre, sur l'histoire des concepts de science pure et fondamentale, en mobilisant les travaux de Schauz (2014). Celle-ci propose une analyse de « sémantique historique » de ces concepts. L'auteure part de la constatation suivante : bien que le concept de science fondamentale ait été l'objet de nombreuses critiques, il constitue toujours une catégorie analytique très commune. Or, peu d'études se sont sérieusement penchées sur les définitions que l'on peut donner de cette notion et de celles qui lui sont liées (en particulier, la science pure et la science appliquée). Pour tenter de combler ce manque, Schauz s'interroge alors sur le « quand » et le « pourquoi » de l'apparition de ces catégories (p. 272). Un retour sur l'histoire de ces concepts, sur la manière dont ils ont été et dont ils sont utilisés apparaît ainsi comme une étape nécessaire au travail de clarification de leur contenu réel. Nous réinterpréterons alors ces analyses à la lumière des conclusions établies dans la partie 2. Cela nous permettra de reformuler la thèse II en clarifiant ses enjeux, et d'en mener ensuite l'analyse critique sur la base d'exemples historiques mettant au jour les interactions épistémiquement positives entre problèmes endogènes et exogènes (chapitre VII et VIII).

VI.2 Qu'est-ce que la science fondamentale ?

VI.2.1 Les données de la sémantique historique

La thèse principale soutenue par Schauz est la suivante : les catégories de science « pure » et « fondamentale » sont le reflet de revendications distinctes, correspondant à des représentations historiquement situées de l'activité de recherche. La notion de pureté s'ancre dans une longue tradition mettant en valeur « la recherche d'une vérité éternelle » et vantant le détachement de l'homme de science vis-à-vis de la technique et des activités économiques. Schauz relie cet idéal à « la domination de la philosophie dans la culture académique » (p. 286). Selon l'auteure, ce concept aurait

progressivement quitté les discours dans la première moitié du XX^e siècle, cédant la place à celui de science fondamentale (*basic research*). Tout l'intérêt de son analyse historique est alors de montrer qu'à l'origine, cette seconde catégorie ancrerait très fortement la recherche dans ses applications pratiques. Citant de nombreux auteurs des années 1900-1940, Schauz souligne ainsi qu'à sa naissance, la science moderne assumait clairement son lien avec l'industrie et l'ingénierie. La distinction claire entre la recherche fondamentale et la recherche orientée par le souci de l'utile était ainsi souvent « critiquée comme non pertinente car elle suggérerait que la recherche fondamentale était très éloignée de la notion d'application utile » (p. 292). De manière assez paradoxale, la catégorie de science fondamentale aurait ainsi émergé « dans des champs présentant une orientation explicite vers l'application ». Ainsi, en suivant Schauz :

Si l'on fait l'histoire du concept de recherche fondamentale, il est crucial de noter que le concept lui-même (...) a émergé initialement à la fois dans les sciences naturelles, au sein de champs de recherche qui poursuivaient explicitement des fins pratiques et dans les sous-disciplines d'ingénierie qui visaient l'innovation et l'amélioration des technologies (*Ibid.*, p. 317).

Dans cette perspective, la science fondamentale porte en elle « la promesse que la science produise des connaissances utiles » (p. 287). Finalement, au début du XX^e siècle, « la recherche fondamentale référait à tout type de recherche s'attaquant à des problèmes techniques de base, dans le but d'améliorer les technologies existantes et d'en développer de nouvelles » (*Id.*). Cette idée conduisit certains auteurs à s'attaquer directement à la distinction entre science pure et appliquée, à l'image du botaniste Coulter qui clamait en 1917 que « la science est une. La science pure est souvent immensément pratique et la science appliquée est souvent très pure, et entre les deux il n'y a pas de ligne de fracture » (cité par Schauz, 2014, p. 287). La notion de science fondamentale s'inscrivait donc *en opposition* par rapport à celle de science pure. Loin de restreindre la science à la recherche de vérités détachées de tout souci de l'utile, elle visait à souligner son orientation nécessaire par les applications. Dans ce cadre, quel rôle exact jouait cette catégorie dans les discours la mettant en avant ? Pour Schaultz, les discours insistant le concept de science fondamentale avait pour objectif de souligner le caractère intrinsèquement imprévisible de toute recherche, quels que soient les objectifs qu'elle se fixe :

Il serait erroné d'interpréter cette défense de la science fondamentale comme une lutte pour la liberté de recherche, ignorante des attentes de la société et favorable à une totale indépendance professionnelle. Elle n'exprime pas d'objection à l'idée que la science devrait servir des buts politiques ou nationaux. Dans ces discours, la

notion de recherche fondamentale reflète l'expérience que, tout d'abord, le progrès scientifique est souvent inattendu et, deuxièmement, que même la recherche guidée par les applications est imprévisible et a besoin de temps pour être fructueuse (*Ibid.*, p. 293).

En d'autres termes, la catégorie de science fondamentale insiste sur le fait que la recherche possède sa *logique propre*, qui, indépendamment de la nature des objectifs qui lui sont fixés, doit être respectée. Cette logique propre est marquée du sceau de l'imprévisibilité et d'une temporalité qui n'est pas forcément celle de la demande sociale. Cette question de la temporalité semble ici centrale. Ainsi, comme le note Schauz, « l'argument selon lequel la recherche a sa logique temporelle propre était aussi présent dans les champs de recherche les plus proches de la technologie » (p. 293). Retenons donc ici que dans son acception première, cette catégorisation n'avait pas pour visée d'opposer les différents types d'objectifs possibles de la recherche, mais de lui ménager un espace où elle puisse déployer sa logique interne.

L'apport central de Schauz est de montrer que cette rhétorique a été bouleversée, dans la seconde moitié du XX^e siècle, par un glissement sémantique concernant la notion de science fondamentale. À partir des années 1940-1950, celle-ci a commencé à être définie comme « une recherche menée sans égard ni pour ses applications pratiques, ni pour ses bénéfices dans la vie quotidienne » (p. 293). Sur ce plan, l'apport de Bush (*The Endless Frontier*) a sans doute été déterminant :

Le rapport de Bush a été le premier à relier de manière si étroite la notion relativement nouvelle de recherche fondamentale avec une garantie institutionnelle d'autonomie scientifique. Cette position incluait également un contraste entre la recherche fondamentale et la recherche appliquée (...). La recherche fondamentale ne signifiait donc pas simplement que la science devait être libérée de l'attente de résultats immédiatement exploitables ; elle impliquait également une liberté de l'enquête et de la communication scientifique. Les différents arguments développés convergeaient alors vers la promotion des universités et des institutions à but non lucratif comme centre pour la recherche fondamentale (*Ibid.*, p. 300).

En conséquence, la recherche fondamentale devient « une recherche menée sans visée pratique » (Bush, 1945, p. 13, cité par Schauz, 2014, p. 301), ce qui a finalement amené à « contredire l'acceptation première de la recherche fondamentale, comme toujours menée dans un contexte d'application » (*Id.*). Schauz précise cette idée en notant que, dans ce même mouvement, les notions de science fondamentale et de science pure se sont progressivement confondues : en conséquence, la fécondité épistémique de la science s'est affirmée, dans les discours, comme dépendante de son *détachement*. D'autre part, la science fondamentale, devenue pure, est associée à des vertus morales (impartialité,

désintéressement) et intellectuelle. Ainsi, l'éloignement vis-à-vis du souci de l'utile s'impose comme la condition de réalisation « d'un vieil idéal épistémique renvoyant aux qualités intellectuelles des chercheurs et à l'environnement promouvant la créativité scientifique ». En conséquence, l'objectif est alors de « garantir la liberté des chercheurs individuels, [car] la curiosité individuelle est estimée comme la propriété principale des meilleurs scientifiques, qui leur permet de s'avancer dans l'inconnu. La recherche fondamentale a donc été définie par le flot libre de la créativité non contrainte. Enfin, l'appui financier venant des fonds fédéraux est conçu comme une garantie de leur liberté intellectuelle » (p. 307). Nous retrouvons ici des aspects déjà évoqués dans le chapitre II (p. 96), en particulier le mélange entre les vertus éthiques de l'indépendance d'esprit, la mise en valeur de la liberté individuelle comme source de créativité et le détachement vis-à-vis du souci de l'utile. Le travail de Schauz propose une vision historicisée de l'intrication de ces différents enjeux dissimulés derrière le thème de la science fondamentale, en nous expliquant comment cette dernière, systématiquement pensée dans un contexte d'application, est devenue science pure, pensée comme devant être détachée des contraintes que fait peser sur elle l'exigence d'utilité émanant du reste de la société.

Schauz poursuit cette analyse sémantique en notant l'apparition progressive, par la suite, de nouvelles catégories décrivant l'activité de recherche, comme celle de « recherche fondamentale orientée par mission » (p. 302). Nous avons déjà détaillé, dans le chapitre II (p. 73), l'émergence de ce type de vocable (comme celui de recherche inspirée par l'usage, de recherche stratégique...). Schauz en propose une interprétation intéressante : pour elle, ces « variations (...) indiquent que le critère de l'intention (orientation par l'utilité ou non) devient problématique sur le long terme (...). Toutes ces redéfinitions peuvent être interprétées comme une volonté de réintégrer les objectifs d'application au sein du concept de recherche fondamentale » (*Id.*). Il s'agirait alors d'un retour souterrain de l'ancienne signification du concept de science fondamentale et avec elle, des revendications qu'elle recouvrait – à savoir, la reconnaissance de la logique propre de l'enquête. Cette même idée est exprimée d'une manière quelque peu différente par Johnston :

L'émergence du concept de recherche stratégique peut être vue comme un compromis entre la sérendipité et le ciblage. Il permet à la recherche d'être dirigée d'une manière très générale par de larges objectifs nationaux ou économiques auxquels la recherche peut contribuer. Mais il laisse le choix des directions particulières de la recherche et des projets poursuivis aux mécanismes internes de contrôle du système de recherche (Johnston, 1990, p. 223, cité par Rip, 1997, p. 631).

On retrouve donc exprimée ici la nécessité d'un équilibre entre le pilotage (externe, centralisé)

de la recherche et la reconnaissance d'une forme d'imprévisibilité qui est inhérente au processus de recherche. Avec toutes ces catégories intermédiaires, entre science pure et science appliquée, on rejoint donc la définition première du concept de science fondamentale. Celle-ci met l'accent non pas sur la nature des objectifs fixés à l'enquête, mais sur la nécessité de lui laisser un espace où déployer sa logique propre.

Notons que les propos de Johnston soulèvent également la question de l'*échelle* du pilotage. En proposant que le pilotage se restreigne à de « larges objectifs nationaux ou économiques », laissant le choix des projets précis aux chercheurs eux-mêmes, il apporte une proposition de réponse à la problématique qui est la notre (comment répartir les ressources allouées à la recherche publique?). Nous verrons dans la dernière partie que ce type de réponse n'est pas totalement satisfaisante, et nous proposerons un modèle alternatif d'organisation du pilotage.

VI.2.2 Une lecture pragmatiste

Les analyses de Schauz présentent l'intérêt de préciser ce que nous avons suggéré dans le chapitre II : les notions de science pure et fondamentale sont des concepts flottants reflétant des revendications elles-mêmes ancrées dans des représentations particulières de l'activité de recherche. En particulier, c'est la collusion, dans les années 1950, de ces deux concepts, qui a conduit à associer indûment la question de la nature (cognitive ou pratique) des objectifs fixés à la science et celle des conditions institutionnelles garantissant la qualité et la fécondité épistémique de l'enquête. Dans cette perspective, l'intégration actuelle de catégories intermédiaires, cherchant à ancrer la recherche dans des objectifs pratiques clairement définis, témoignerait du manque de pertinence du concept de science fondamentale tel qu'il s'est développé après la guerre. Nous nous proposons, ici, de renforcer encore cette critique, en mettant en lumière certaines limites des définitions courantes données à la notion de science fondamentale. Nous verrons ensuite comment la conception de la dynamique de la science que nous avons développée dans les chapitres précédents peut nous permettre de donner un nouveau sens à cette notion.

VI.2.2.1 La science fondamentale comme science « libre » ?

Il est certes possible d'interpréter, comme le fait Schauz, la formulation récente des concepts de science stratégique, orientée par mission, inspirée par l'usage, comme la conscience retrouvée du nécessaire ancrage de la recherche dans un certain utilitarisme. Mais il est également possible de la

lire, indépendamment de cette question de la *nature* des objectifs, comme une possible mise en cause de l'opposition entre science libre et science guidée, finalisée. De ce point de vue, il apparaît que ces catégories intermédiaires, en grignotant peu à peu l'espace descriptif laissé à une science qui ne serait pas *goal-directed*, affaiblit la défense de la liberté de recherche individuelle et de l'autonomie institutionnelle de la science qui la sous-tend, telle que l'avait bâtie Bush. Si l'on considère que finalement, une bonne partie de la recherche que l'on pourrait juger comme fondamentale se trouve en fait orientée, guidée par la pratique, ce n'est pas seulement la possibilité d'une science pure (détachée de la pratique) qui est remise en cause, mais également celle d'une science libre dont la structure serait foncièrement différente de celle d'une science *orientée*. Parler de science *mission-oriented*, ou *goal-directed* pousse nécessairement à s'interroger sur l'existence effective d'une science qui n'aurait ni mission, ni objectif. À la limite, une fois réintroduite l'idée d'une science guidée par des objectifs clairement définis, la représentation de la science fondamentale comme lieu d'épanouissement de la libre créativité scientifique tend à devenir une revendication de pure forme, vide de tout contenu et décrivant fort mal la réalité de la pratique de la recherche.

Cette lecture est confirmée par les difficultés manifestes que l'on rencontre lorsque l'on tente de redéfinir clairement la notion de science fondamentale comme « guidée par la libre curiosité », une fois posée et caractérisée l'existence d'une recherche stratégique, orientée par mission, ou inspirée par l'usage. Un exemple caricatural du type d'imbroglio argumentatif dans lequel s'enferment, notamment, les nombreux scientifiques s'engageant dans cette voie est offert dans un texte de Catherine Jesus, directrice de l'Institut National des Sciences Biologiques. Dans la préface d'un ouvrage, déjà cité, consacré aux avancées récentes des sciences biologiques (Jesus, 2017), elle tente d'établir une différence entre la recherche menée par la curiosité et celle menée par l'utilité. Cette dernière est illustrée par le cas de Pasteur, dont « la lutte contre les maladies infectieuses (...) [a] donn[é] naissance à la microbiologie, une nouvelle branche de la science qui défriche l'immensité du monde des êtres unicellulaires et des virus » (p. 11). Elle reconnaît donc l'existence d'une science inspirée par la pratique pouvant avoir une grande valeur épistémique. Elle tient cependant à maintenir une différence entre « curiosité » et « finalisation », comme elle l'explique dans un passage méritant d'être cité dans son intégralité :

Nous savons que la recherche guidée par la seule curiosité a le plus souvent des retombées tardives dans le monde socio-économique, retombées qui étaient insoupçonnées et imprévues au moment où cette recherche s'est réalisée; et qu'inversement, la recherche dite finalisée délivre avec le même aspect d'imprévu des apports

importants à notre connaissance du fonctionnement du vivant. Ces deux types de recherche doivent être convenablement identifiés pour pouvoir être interconnectés par des échanges permanents et fluides, motivés par l'opportunité scientifique de leurs découvertes réciproques (...). L'une consiste à se reposer sur une connaissance déjà acquise, dont on peut raisonnablement prévoir l'évolution et à creuser ce sillon préexistant, l'améliorer, le développer. Il s'agit d'une approche nécessaire, qui s'inscrit aisément dans de grands programmes qui permettent de mobiliser les chercheurs sur des problèmes sociétaux ou environnementaux clairement identifiés par le monde politique et que toute Nation soucieuse de la qualité de vie de sa société, actuelle et future, doit résoudre. Mais l'histoire nous enseigne que nous ne devons pas nous limiter à cette approche. Si l'homme s'était consacré exclusivement à l'amélioration de la hache de pierre, ou de la bougie, nous ne serions jamais passés à l'âge de bronze et nous ne disposerions pas de l'électricité. Une seconde approche permet de produire les innovations peut-être les plus intéressantes, les innovations dites de rupture, celles qui sont généralement issues de découvertes qui n'avaient pas été prévues (...). Le génie génétique trouve sa source dans les travaux de Werner Arber, qui découvre des enzymes essentielles à l'intégrité de la cellule bactérienne, les enzymes de restriction, en disséquant les mécanismes des réponses bactériennes à l'infection par leurs virus et qui fournit par la même occasion, de manière totalement imprévue, l'outil puissant qui ouvre la porte de la modification des génomes et en reste la base (p. 26-27).

Ce long passage est tout à fait symptomatique des apories naissant d'une catégorisation trop rapide des types de recherche et permet de confirmer et de préciser les analyses de sémantique historique proposées par Schauz. D'une part, la biologiste reconnaît que la science « finalisée » offre de manière *imprévue* des connaissances sur le fonctionnement du vivant. Si l'on se fie aux premières lignes du texte, elle ne différerait pas, en cela, de la recherche « guidée par la seule curiosité ». La différence tiendrait donc au fait que la science finalisée se baserait sur des « connaissances déjà acquises ». Par contraste, nous sommes contraints de conclure qu'une recherche guidée par la seule curiosité opérerait en se détachant volontairement du socle des connaissances disponibles, de manière à le dépasser sans relâche. Or, les exemples qu'elle donne (celui rapporté ici, comme ceux qui suivent dans son texte) ne permettent en aucun cas de défendre une telle assertion. L'étude des mécanismes d'infection des bactéries par les virus n'est évidemment pas le fruit d'une question posée à partir de rien, de manière purement spéculative, mais est contrainte par une pratique déjà existante. Ainsi, note-elle un peu plus loin que la découverte du « système CRISPR-Cas9, qui promet au chercheur de pouvoir cibler n'importe quel gène de son choix (...) n'aurait pas eu lieu si, à la fin des années 1980 des chercheurs n'avaient pas remarqué de curieuses séquences d'ADN répétitives dans le génome de la bactérie *Escherichia coli* ». Or, cette activité des chercheurs s'ancrait de toute évidence dans un ensemble de « connaissances déjà acquises » qui lui donnaient sa signification. D'autre part, le fait que cette observation ait été imprévue ne permet en rien d'établir une différence avec une science finalisée, si l'on se réfère aux propos tenus par l'auteure quelques lignes plus haut. Ce type

de contradiction nous est désormais familière : nous en avons déjà relevé un grand nombre dans le chapitre II (concernant notamment le concept de curiosité, p. 105). Cependant, les analyses de Schauz, ainsi que la perspective pragmatiste présentée dans le chapitre précédent, peuvent nous permettre de leur donner une interprétation renouvelée. Il semble en effet que la distinction faite entre une recherche menée par la seule curiosité et une recherche finalisée soit surtout l'occasion d'insister sur le caractère imprévisible de l'enquête scientifique. En cela, ce discours rejoindrait le rôle premier de la catégorie de science fondamentale. Cette idée est alors brouillée, conformément à ce qu'a relevé Schauz, par le mélange plus récent avec la rhétorique de la pureté, prônant l'éloignement vis-à-vis de la pratique. Il faudrait donc entendre le passage sur la transition entre la hache de pierre et l'électricité non comme la défense d'une science détachée du souci de l'utile, mais comme la reconnaissance des chemins erratiques pris par la recherche (par *toute* recherche, y compris celle guidée par le souci de l'utile). En ce sens, l'analyse sémantique des catégories utilisées pour décrire l'activité scientifique ne conduit pas simplement à remettre en cause l'existence d'une recherche absolument non guidée par la pratique, mais interroge la *structure interne de toute enquête*. Ici, les acquis du chapitre précédent nous offre un autre type d'éclairage sur les analyses de Schauz.

Lorsque Jessus caractérise la science finalisée comme basée sur des « connaissances déjà acquises », elle considère implicitement qu'il existe une recherche, conduite par la curiosité, qui serait détachée non seulement des contraintes de l'utile, mais également d'un bagage de connaissances, qu'elle aurait pour charge de transcender à *l'aveugle*. La science finalisée exploiterait le connu et la science fondamentale explorerait l'inconnu. Cette conception postule donc la possibilité de mener l'enquête à partir de questions *spéculatives*, non ancrées dans une pratique scientifique et un socle de savoirs – représentation entrant totalement en contradiction avec les exemples historiques qu'elle donne par la suite. Elle se rattache donc typiquement à la position dont nous avons soulignée les limites dans la partie 2, où nous avons défendu l'idée selon laquelle une telle exploration spéculative de l'inconnu n'est pas une tendance naturelle du champ scientifique. La notion de science fondamentale ne peut, dans ce cadre, reposer sur une telle conception *spéculative* de la curiosité. Notre hypothèse est donc que cette opposition floue entre science guidée par la curiosité et science finalisée ne peut se comprendre que comme recouvrant une intuition commune concernant l'existence d'une logique interne de l'enquête faisant de celle-ci une source d'indéterminations à identifier et problématiser, indéterminations dont l'émergence et la reconnaissance sont, quel que soit l'objectif initial de l'enquête, fortement contraintes par la situation.

VI.2.2.2 La science fondamentale comme science « non utilitaire » ?

Outre ce flou entretenu pas les scientifiques sur le rôle exact de la curiosité pour définir les concepts de recherche fondamentale, stratégique ou orientée, certains philosophes ont explicitement montré toute la difficulté à trouver un sens rigoureux à ces catégorisations à partir d'un examen des *objectifs* poursuivis. Ainsi, face à l'insistance de Carrier sur la notion de science « orientée par les applications » (Carrier, 2011a), Morrison (2011) souligne les apories de cette « recherche inaboutie d'un compromis ». Carrier, comme la plupart des théoriciens de la science en contexte d'application, pose que « la recherche orientée par les applications peut être distinguée de la recherche épistémique par les objectifs qu'elle tente de remplir » (Carrier, 2011a, p. 12). Le problème posé par Morrison est alors le suivant : cette classification sur la base de la nature des objectifs est-elle philosophiquement pertinente ? Peut-on postuler l'existence de divergences axiologiques, méthodologiques profondes influençant les caractéristiques épistémiques de savoir produit ? Pour le dire dans ses termes, « y a-t-il plus, dans la distinction entre le pur et l'appliqué, qu'une simple question de type d'objectifs ? Et si c'est le cas, comment peut-on décrire leurs différences ou leurs similarités ? » (Morrison, 2011, p. 31). Le problème est donc celui des propriétés épistémiques du savoir produit par une « application dominated research » (ADR). Comme nous le rappelle Morrison, « Carrier suggère que des questions posées dans un contexte d'application peuvent avoir une portée épistémique en traitant les problèmes fondamentaux émergeant dans un tel contexte » (p. 33). Quel sens donner alors à la distinction entre la science fondamentale et l'« ADR » ?

Dans la perspective ouverte par Carrier, le critère central est celui du type d'objectif. Mais cela suppose qu'il est possible de déterminer avec précision, dans une recherche donnée, l'ensemble des moteurs guidant l'action. D'autre part, cela suppose aussi, si l'on veut conforter la robustesse de cette distinction, de montrer que « l'ADR a ses propres pratiques méthodologiques, conduisant à un savoir dont la structure est distincte à la fois de celle de la science pure et de la science appliquée » (p. 33). Afin d'illustrer la difficulté de cette double entreprise, M.Morrison développe le cas des recherches menées sur la supra-conductivité. Ce terme désigne la capacité qu'ont certains matériaux d'acquérir une résistance électrique nulle à des températures très basses. Ce champ d'étude, nous explique-t-elle, est fortement dynamisé par la recherche de matériaux présentant des propriétés de supra-conductivité à des températures compatibles avec leur utilisation dans des applications pratiques (transports fonctionnant en lévitation, construction d'ordinateurs supra-conducteurs...). L'enjeu est alors de fournir une théorie expliquant le phénomène et permettant également de faire

des prédictions sur les types de matériaux pouvant être utilisés et à quelles températures (p. 36). Selon l'auteure, ce sont précisément ces difficultés qui « ont conduit la supra-conductivité en dehors du domaine de la recherche pure et l'on importée dans le champ de la science des matériaux. Ainsi, en raison des obstacles dans la formulation d'une théorie qui satisfasse ces conditions, la recherche pure a été remplacée par des approches basées sur la pratique » (p. 37). Ces dernières avaient pour objectif d'identifier des règles générales permettant de prédire le comportement des matériaux, en fonction de leur composition physico-chimique. Ce champ de recherche complète donc la théorie explicative (nommée théorie BCS), tout en mettant en place une démarche typiquement inspirée par l'utilisation industrielle de la supra-conductivité. La question est donc de savoir si cette « science des matériaux » peut être réellement qualifiée d'« application dominated research », c'est-à-dire si elle constitue « un compromis entre les demandes de la recherche fondamentale et celles des études techniques » (*Id.*). En particulier, pour Morrison, « la question cruciale est celle de savoir si les résultats de la recherche sur les matériaux supra-conducteurs peuvent être considérés comme épistémiquement significatifs et si la méthodologie employée est réellement différente de celle de la recherche pure » (*Id.*). Afin de tenter d'y apporter une réponse, l'auteure examine successivement différents programmes de recherche dédiés à la caractérisation des températures de transition (T_c) vers la supra-conductivité pour différents matériaux.

Elle cite tout d'abord les travaux de Bernard Matthias, réalisés au sein des laboratoires Bell dans les années 1980 (p. 38). Le physicien a exploré systématiquement tous les éléments du tableau périodique, déterminé les Températures critiques T_c et déduit des « lois empiriques impliquant le ratio électron/atome et les volumes atomiques qui se sont révélées extrêmement utiles pour estimer les températures critiques et trouver de nouveaux matériaux ». Cette démarche l'a conduit à préciser les paramètres de la théorie BCS et à découvrir un autre type de supra-conductivité qui n'était pas décrit initialement par cette dernière. Morrison souligne que cette recherche n'était qu'« indirectement reliée aux applications ». Il s'agissait de compléter une approche théorique insatisfaisante, c'est-à-dire, ne rendant pas bien compte du phénomène naturel qu'elle décrit. C'est donc bien plutôt « la promesse d'applications potentielles, plutôt qu'une application spécifique, qui a motivé cette recherche en science des matériaux » (p. 38). Elle tire le même type de conclusion des travaux de Muller et Bednorz portant sur certains types d'oxydes supra-conducteurs (p. 43). Sans rentrer ici dans le détail de son argument, retenons-en la conclusion : « si l'objectif, en définissant l'ADR, est de proposer une sorte de compromis entre le pure et l'appliqué, nous avons besoin d'un critère

clairement défini qui nous permettrait de les différencier ; or, nous avons vu que dans le cas de la supra-conductivité, cette tâche est tout sauf aisée » (p. 44). Le problème est que, même si cette notion d'Application Dominated Research « capture un grand nombre de nos intuitions concernant la nécessaire intersection entre le pure et l'appliqué », il est remarquablement difficile de trouver un critère systématique permettant de la caractériser. Un point central de l'argument de Morrison est de noter que la focalisation sur les *objectifs* n'est pas suffisante pour définir l'ADR comme une catégorie de recherche. Il faut encore montrer que « les pratiques et la méthodologie » sont distinctes. Or, cela semble tout sauf évident. L'auteure suggère donc l'existence d'une *continuité* qui n'autorise pas à différencier nettement recherche pure, dominée par les applications, ou inspirée par l'usage. Cette continuité est double. Si la référence aux buts de l'enquête n'est pas pertinente pour justifier une différence de *nature* entre ces deux catégories, c'est d'une part que le mélange des considérations utilitaires et épistémiques est souvent trop étroit, et d'autre part, que les pratiques de recherche ainsi que le type de savoir produit sont très similaires.

VI.2.2.3 Le paradoxe de la science « inspirée par l'usage »

Les difficultés mises au jour par Morrison sont d'ailleurs implicitement reconnues par Carrier lui-même. Dans une étude co-publiée avec Adam et Wilholt, dédiée à la question (récurrente) des conséquences de « la pression des besoins pratiques » sur « les standards épistémiques et la fécondité de la recherche » (Adam *et al.*, 2006, p. 435), il cherche ainsi à caractériser l'influence « de l'orientation par l'usage » sur « l'innovation épistémique ». Le problème est donc celui du rôle joué, dans la production des connaissances, par le souci de l'utile. Les auteurs choisissent de l'appréhender en réfléchissant à « la manière de tracer la distinction entre la science fondamentale, ou orientée épistémiquement (*epistemically oriented*) et la recherche appliquée, ou orientée par la pratique (*practically oriented*) » (p. 437). Ils distinguent deux stratégies classiques pour rendre compte des interactions entre ces deux entités. La première, qu'ils relient au fameux modèle linéaire, pose la « dépendance unidirectionnelle de la technologie par rapport à la science » (p. 435). Ils nomment la seconde « perspective émergentiste » (*emergentist view*) : elle correspond, selon eux, au modèle proposé par les tenants du Mode 2 de la recherche scientifique, qui insistent sur l'écart entre la « compréhension théorique » (p. 438) et la dynamique de l'innovation. Il existerait, dans un grand nombre de cas, une « large indépendance des développements technologiques vis-à-vis de la science » (p. 437). La pression de l'utile motiverait l'innovation sans se soucier de la connaissance précise des mécanismes

sous-jacents. Il y aurait donc un fossé entre les règles, méthodes, utilisées dans un cadre pratique, dans le but d'intervenir sur un phénomène et la recherche de lois ou de modèles généraux, apanage de la science fondamentale.

Les auteurs proposent alors d'adopter une position intermédiaire, qu'ils nomment « émergentisme modéré », permettant de rendre compte du rôle moteur que peut jouer, pour la connaissance scientifique elle-même, le souci de l'utile. Pour ce faire, ils considèrent différentes études de cas, que nous avons déjà citées dans le chapitre II (p. 77). La première, menée originellement par Wilholt (2006a), montre que la connaissance de l'effet de Magnéto-Résistance Géante a été le fruit de recherches menées dans un contexte d'application. La seconde est celle menée par Adam (2005) et porte sur les rapports entre la mise au point de traitements en biomédecine et la mise au jour des réseaux biologiques de régulations moléculaire. Nous reviendrons plus en détail, dans le chapitre VIII, sur les résultats obtenus dans ces derniers travaux. Focalisons-nous, pour le moment, sur les conclusions qu'en tirent Adam *et al.* (2006). Pour eux, « ces études de cas contredisent à la fois le modèle linéaire, qui échoue à reconnaître l'importance de facteurs propres à une situation [pratique] et le modèle émergentiste, qui nie le rôle épistémique fructueux que peut jouer la génération de connaissances utiles » (p. 443). En effet, elles montrent que « les problèmes pratiques orientent souvent l'acquisition des connaissances fondamentales (...). Les éléments les plus fondamentaux et généraux de la connaissance scientifique se révèlent être affectés par les défis pratiques » (p. 443-444).

Comment les auteurs utilisent-ils alors cette observation pour penser la distinction entre science fondamentale, appliquée et inspirée par l'usage ? C'est précisément autour de cette question que se noue un paradoxe, que la perspective adoptée dans ce chapitre a vocation à résoudre. En premier lieu, les auteurs maintiennent une distinction entre différents types de recherche, en fonction des objectifs poursuivis : « de notre point de vue », nous disent-ils, « les projets de la recherche fondamentale ont pour objectif premier la connaissance fondamentale d'un domaine donné, alors que les projets de la recherche appliquée sont dirigés vers une utilité pratique, à court-terme » (p. 437). Mais une fois posée cette définition, ils envisagent la possibilité d'un couplage entre ces deux termes :

Cette distinction est compatible avec la poursuite de ces deux registres d'objectifs au sein d'un même projet de recherche (...). La recherche fondamentale n'est pas restreinte à des travaux théoriques sur des sujets tels que l'inflation cosmique, qui sont très éloignés de toute application technologique. Elle peut également inclure des travaux sur la biologie moléculaire de protéines spécifiques, domaine dans lequel des perspectives d'application existent clairement (...). Réciproquement, une recherche ayant pour objectif premier le développement de produits peut également

engendrer des connaissances scientifiques et contribuer ainsi au progrès épistémique (p. 437).

Si la recherche fondamentale peut tout à fait avoir en vue des applications pratiques et s'il existe en retour « une influence profonde des problèmes pratiques sur la production des connaissances » (p. 444), quel sens donner encore à ces catégorisations ? Il nous semble que Carrier et ses co-auteurs rejoignent implicitement la critique de Morrison : considérer la nature (cognitive ou utilitaire) des objectifs d'une recherche n'est pas, à première vue, un critère légitime pour juger de sa valeur épistémique. La notion même de science inspirée par l'usage (comme opposée à la science fondamentale) est donc porteuse d'un paradoxe, mettant en péril sa pertinence épistémique.

Deux voies sont alors possibles pour justifier son existence comme catégorie (épistémologique) à part. On peut tout d'abord supposer qu'elle produit un type de connaissance particulier (par exemple, plus local, focalisé sur des situations spécifiques, etc.). Mais dans ce cas, comment expliquer le fait (souligné par Carrier) qu'elle produise des connaissances véritablement fondamentales ? On peut également supposer qu'elle produit des connaissances du même type que celles construites dans le cadre d'une science ayant des objectifs purement épistémiques. Mais alors, cette catégorisation n'a pas plus de sens que celle séparant les disciplines et les spécialités. Dans ce cas, il n'y a pas de raisons évidentes de leur accorder un statut épistémologique distinct.

Le but de cette critique n'est pas, encore une fois, de montrer qu'il est impossible d'identifier des pratiques scientifiques plus ou moins influencées ou dirigées par le souci de l'utile. L'idée est plutôt que ce type de différenciation ne peut être liée de manière simple à la dynamique de production des connaissances. Autrement dit, il semble que la présence d'enjeux utilitaires ne nous renseigne pas, en elle-même, sur la richesse épistémique de la recherche menée. Il n'y a donc pas de raison, lorsque l'on réfléchit aux conditions institutionnelles favorisant la fécondité épistémique de la recherche, de poser comme catégorisation préalable l'existence d'une science fondamentale définie par la nature de ses objectifs.

VI.2.2.4 Conclusion partielle

Finalement, ces deux lectures de la notion de science fondamentale, comme guidée par la curiosité et/ou comme éloignée de l'utilité, posent problème. La première repose sur la croyance en l'existence d'une science spéculative, capable de se détacher radicalement du déjà-connu pour explorer l'inconnu. La seconde n'a de sens que dans la mesure où l'on peut distinguer clairement les objectifs cognitifs des objectifs utilitaires guidant la recherche. Notons que la question, ici, n'est pas

tant de savoir si une telle distinction est *possible*, au moins théoriquement, mais si elle a du sens – c'est-à-dire, si elle permet de dire quelque chose d'intéressant sur la dynamique de la science. Malgré les difficultés soulevées, il y a, bien évidemment, des recherches que l'on pourra juger plus ou moins éloignées de problèmes dont la résolution a une importance à l'extérieur du champ scientifique. En ce sens très général, la physique théorique pourra être considérée comme plus fondamentale que la biologie cellulaire. Et au sein de celle-ci, l'étude des mécanismes moléculaire de la synthèse des protéines est sans doute plus fondamentale que celle des processus de tumorigenèse. Mais y a-t-il autre chose, dans ce type de distinction, qu'une simple différence de domaine d'étude? Ce type de catégorisation a-t-il un autre sens que celui utilisé pour classer les disciplines académiques? En particulier, pourquoi leur associer une valeur épistémique distincte? On le voit, même en considérant une définition très simple de la notion d'objectif, qui ne prenne pas en compte leur superposition au sein d'une situation, établir une distinction nette entre des types de sciences en fonction de la nature (utilitaire ou cognitive) des fins qu'elle se fixe n'est pas immédiatement pertinente d'un point de vue épistémologique. Cette conclusion doit être prise avec précaution : nous n'entendons pas montrer que la distinction cognitif/utilitaire n'a *aucun intérêt*, mais simplement qu'elle ne s'impose pas avec la clarté de l'évidence. Comme le montre Schauz (2014), il s'agit d'un artefact historique, fruit de la convergence récente de deux notions : celle de *pureté*, caractérisant un certain éloignement vis-à-vis de l'utilité et celle de science fondamentale, caractérisant la logique interne de la recherche indépendamment de ses objectifs. Nous avons montré que les arguments formulés par des auteurs s'intéressant à la dynamique de la recherche inspirée par l'usage ou orientée par les applications (Adam *et al.*, 2006 ; Carrier, 2011b) convergeaient avec ces données historiques. Une fois ce point acquis, la question suivante se pose immédiatement : peut-on trouver un contenu à la notion de science fondamentale qui soit intellectuellement plus satisfaisant?

VI.2.2.5 Une proposition d'interprétation

Rappelons ici que la perspective présentée dans le chapitre précédent fait fond sur l'idée d'une structure générale similaire dans tout type d'enquête : la prise en compte de questions soulevées dans les sphères sociales, économiques ou politiques ne change pas la nature de la recherche, toujours pensée comme une activité de formulation et de résolution de problèmes objectifs, c'est-à-dire provenant d'un obstacle rencontré dans le cours d'une pratique. Dans ce cadre, l'opposition entre une science *goal-oriented* ou *mission-oriented* et une science libre n'a pas de sens. Il nous semble ainsi que l'insistance portée aujourd'hui sur des catégories du type recherche stratégique ou orientée

par les applications peut être lue comme une confirmation empirique de cette conception pragmatiste de la logique de l'enquête. Schauz (2014) voit en effet dans cette tendance la manifestation des limites de la définition à la Bush de la science fondamentale. Corrélativement, on pourrait donc l'interpréter comme un retour implicite à son usage premier, comme outil argumentatif soulignant l'imprévisibilité du développement scientifique : même si ce dernier est toujours tendu vers un objectif prédéfini, des indéterminations (par exemple, des événements imprévisibles) sont susceptibles d'émerger, qui exigent d'être prises en compte.

Ainsi, au-delà d'une réflexion sur le guidage de la science par son environnement social, l'émergence contemporaine de ces catégories pourrait être tout aussi bien le signe d'une reconnaissance de la structure de l'enquête comme à la fois intrinsèquement *mission-oriented*, indépendamment de la nature des objectifs qu'elle poursuit et sujette à l'émergence d'indéterminations à problématiser. Dans cette perspective, quelle est l'utilité discursive du concept de science fondamentale ? C'est ici que nous rejoignons, avec un regard pragmatiste, les interprétations de Schauz : ce concept doit permettre, comme il le faisait originellement, d'insister sur l'existence d'une logique interne de la recherche scientifique. Les exemples de discours que nous avons donnés, notamment celui tiré de Jessus (2017), corroborent cette interprétation. Tout en reconnaissant la richesse épistémique d'une science finalisée, l'auteure utilise la notion de science « guidée par la curiosité » pour introduire l'idée d'une temporalité propre et celle de l'imprévisibilité de l'enquête. Cet appel à la curiosité correspond classiquement, rappelons-le, à la caractérisation de la science fondamentale (Calvert et Martin, 2001). La théorie deweyenne revisitée permet alors de boucler la boucle : ce que les discours défendant la nécessité d'une science fondamentale libre cherchent (maladroitement) à protéger, c'est un espace où peut se déployer cette logique interne au champ scientifique.

Précisons quelque peu cette idée. Qu'est-ce que cette « logique interne au champ scientifique » ? Dans la description que nous avons donnée précédemment de la « pratique scientifique », nous avons donné de cette notion une lecture tridimensionnelle, en la caractérisant par l'enchâssement de trois niveaux d'objectifs. Le premier de ces niveaux correspond aux aspects les plus *techniques* de la recherche : mise au point de protocoles expérimentaux, nécessitant le développement d'« astuces » visant à les stabiliser, perfectionnement des techniques d'observations et de collectes de données...Le deuxième niveau est associé à l'activité *théorisante*, qui élabore des modèles plus ou moins locaux/globaux fournissant une compréhension, ou une explications, aux phénomènes étu-

diés. Enfin, le troisième est lié à ce qu'Andler identifie comme « la seconde visée des chercheurs », à savoir le retour critique sur la production des connaissances. L'exemple du programme de recherche de Morgan sur les drosophiles permet d'illustrer la dynamique propre à chacun de ces niveaux. Le premier trouve son expression dans la mise au point de techniques rendant possibles la stabilisation des stocks génétiques et l'obtention d'un taux de *crossing-over* stable, selon les modalités décrites par Waters (2008b). L'activité de théorisation a donné lieu à la formulation d'un modèle de la transmission chromosomique des caractères chez la drosophile. Enfin, le retour critique sur l'ensemble des connaissances est intervenu plus tard sous la forme d'une remise en cause du réductionnisme génétique, voire du réductionnisme en général.

Le point important est que chacune de ces dimensions de la situation internes au champ scientifique est une source potentielle de problèmes qui lui sont propres, c'est-à-dire, qui ne peuvent être identifiés *que* par des individus pratiquant la recherche. En effet, la logique de l'enquête que nous avons décrite dans la partie 2 impose que les problèmes authentiques (qui donneront lieu à une enquête) surgissent d'une pratique. Si l'on applique cette idée à l'enquête elle-même, il apparaît que la recherche scientifique doit être considérée elle-même comme une source d'indéterminations, qui doivent pouvoir être identifiées et problématisées. La logique interne du champ scientifique désigne donc cette dynamique de formulation de nouveaux problèmes au sein des trois niveaux de pratiques constitutifs de l'activité scientifique. Il est important de noter ici que l'utilisation de cette notion d'*internalité* ne fait pas référence à la nature des objectifs poursuivis. Le fait qu'un problème soit interne, dans ce sens là, n'implique en rien qu'il ne concerne que les scientifiques. Notre effort pour décrire la situation comme système de pratiques suggère justement que les trois niveaux de la pratique scientifique sont connectés à d'autres niveaux de pratiques se déployant *en dehors* du champ scientifique. L'étude de cas proposée par Morrison (2011) corrobore bien cette idée. C'est la logique interne de l'enquête qui a poussé les scientifiques à quitter leur pratique de théorisation du phénomène de supra-conductivité pour développer l'étude de ce phénomène dans des cas particuliers, eux-mêmes inspirés par l'usage. Le mélange entre internalité et externalité est ici bien exemplifié : la résolution d'un problème endogène à la pratique scientifique (les difficultés à trouver une théorie générale du phénomène) est passée par l'importation de problèmes exogènes au sein de cette pratique (la recherche de matériaux supra-conducteurs). Ce mouvement a permis, comme le montre Morrison, de relancer l'activité de théorisation sur de nouvelles bases empiriques.

Le point que nous soulignons ici est donc que les problèmes *endogènes*, même s'ils sont susceptibles d'avoir une influence dépassant le champ scientifique, ne peuvent être identifiés qu'au sein de

ce dernier, par ceux qui *pratiquent l'enquête*. Réciproquement, il faut reconnaître que toute enquête, même si elle est explicitement tendue vers la résolution de problèmes soulevés en dehors du champ scientifique, obéit à cette logique interne : elle peut être la source d'indéterminations pouvant donner naissance à de nouveaux problèmes à traiter. Ainsi, la recherche de matériaux supra-conducteurs, même si elle était clairement inspirée par l'usage, s'est intégrée au champ scientifique comme n'importe quelle pratique expérimentale, soumise à la logique interne de l'enquête.

L'existence de tels problèmes irréductiblement liés à la pratique de la science elle-même (comme enquête) impose très certainement des conditions institutionnelles rendant possible le déploiement de cette logique de l'enquête au sein du champ scientifique. Notre hypothèse est que la défense de telles conditions institutionnelles, impliquant un certain degré d'autonomie de ce champ, constitue la base implicite de la notion de science fondamentale. Nous retrouvons ici, sous une forme renouvelée, l'argument bâti par Schauz (2014) : la vocation originelle de ce concept est d'insister sur l'existence d'une dynamique interne à l'activité scientifique, quel que soit son objet. La notion de science fondamentale n'est donc pas opposée à l'utilité en elle-même, mais à la présence de contraintes rendant difficile le déploiement de la logique interne du champ scientifique – l'identification et la problématisation des indéterminations qui émergent des pratiques ayant cours en son sein.

On voit donc se dessiner, à partir de ces quelques remarques, une autre conception possible de la science fondamentale non comme science guidée par des objectifs cognitifs ou par une libre curiosité exploratoire, mais *comme science menée dans un espace permettant le déploiement de la logique interne de l'enquête*. Cette notion de science fondamentale serait ainsi fondée sur une distinction entre problèmes endogènes et exogènes (indépendamment de la nature cognitive ou utilitaire de ces problèmes) et trouve son sens épistémologique dans la recherche d'un équilibre permettant tout à la fois la prise en compte des problèmes exogènes, sans pour autant inhiber la formulation des problèmes endogènes. Il nous semble ainsi que les discours descriptifs et normatifs sur l'autonomie peuvent alors être lus comme la conséquence d'une *mise en concurrence* de ces différentes sources d'indéterminations susceptibles de guider l'enquête. Ainsi, comme le note Rip (1997), c'est la reconnaissance d'un *déséquilibre* dans les problèmes traités qui a conduit la plupart des mouvements de remise en cause de la science à la fin du XX^e siècle :

Dans les années 1970, la science pure a commencé à être critiquée. Un homme (un Américain) avait été envoyé sur la Lune, mais les problèmes rencontrés par les pauvres et les ghettos urbains semblaient insolubles (...). La politique scientifique (...) est devenue pro-active, en créant par exemple des programmes de R&D. Et

des mouvements critiques mirent la légitimation courante de la science en doute (Rip, 1997, p. 620).

Cette volonté de prise en compte de nouvelles sources d'indéterminations a conduit certains auteurs, comme Kitcher, à renier totalement l'idéal d'autonomie scientifique comme un « legs d'un autre âge » (Kitcher, 2004) et à proposer un modèle de gouvernance où les sources d'indéterminations extra-scientifique dominant largement. À l'inverse, les discours mettant en avant la nécessité d'une science fondamentale libre cherchent sans doute à protéger la logique interne de l'enquête comme source d'indéterminations. Dans les deux cas, l'*expérience* joue un rôle clé. Les problèmes réels rencontrés par certains groupes de la population rendent insupportables l'utilisation de fonds publics pour résoudre des questions qui ne sont pas les leurs. Réciproquement, la confrontation quotidienne avec la dynamique de la recherche rend ses acteurs méfiants face aux tentatives de contrôler de l'extérieur les avancées de la science.

Ramener la notion de science fondamentale non pas à la nature mais à la *provenance* des problèmes traités a donc, potentiellement, des conséquences importantes pour le choix des mécanismes de répartition des ressources. En effet, le thème central devient celui de l'équilibre entre les différentes sources d'indétermination guidant la recherche. On voit donc poindre ici la question des conditions institutionnelles rendant possible tout à la fois une prise en compte des problèmes rencontrés hors du champ scientifique et de ceux que ce dernier génère lui-même. Cette ligne de réflexion sera suivie dans la partie 4. Ici, notre objectif est d'illustrer, dans des cas précis, la manière dont problèmes endogènes et exogènes interagissent concrètement pour guider l'enquête. Avant cela, précisons encore la portée et les enjeux de l'appréhension particulière de la notion de science fondamentale dont nous venons de dessiner les contours.

VI.3 La science fondamentale comme lieu d'identification des problèmes *endogènes*

Dans la section précédente, nous avons critiqué une certaine conception de la science fondamentale basée sur la valorisation d'une curiosité spéculative et/ou la nature des objectifs fixés à l'enquête. En premier lieu, l'analyse de sémantique historique de Schauz (2014) nous a suggéré que la science fondamentale n'a été associée que tardivement à la notion de science pure, ce qui a conduit à exclure de son champ toute science menée dans un contexte d'utilité. Originellement, le caractère *fondamental* était mobilisé pour manifester une certaine logique interne à toute forme d'enquête, y

compris inspirée par l'usage. Schauz souligne que cette logique propre au champ scientifique, comme lieu de l'enquête, inclut une certaine *temporalité* et le caractère *imprévisible* du développement des connaissances. Ces caractéristiques rendraient nécessaires un certain degré de liberté et donc une certaine autonomie institutionnelle de la science.

En mobilisant les conclusions de la partie 3, nous pouvons préciser la portée et les limites de cet appel. À quoi une défense de la science fondamentale peut-elle faire exactement référence sans être incohérente ?

Une fois relevées les difficultés que posent l'utilisation de ce concept de science fondamentale, force est de constater qu'il est tout de même possible de caractériser des problèmes qui ne peuvent être soulevés *que* dans le champ scientifique – comme il existe des problèmes propres à chaque espace du monde social. Comme nous l'avons détaillé plus haut, ces problèmes endogènes sont ceux qui sont susceptibles d'émerger des trois dimensions de la pratique scientifique. Le point important est que ces couches de pratiques inscrites au sein du champ scientifique ne sont qu'une part de la totalité de la situation telle que nous l'avons redéfinie. En cela, le caractère *endogène* des problèmes soulevés n'implique en rien qu'ils n'aient aucune connexion avec un certain souci de l'utile. À la limite, même une science appliquée, explicitement nourrie par la résolution de questions ayant une portée utilitaire est susceptible de soulever de tels problèmes endogènes. Autrement dit, l'antagonisme endogène/exogène a partie liée avec la logique interne de l'enquête, quelque soit l'objet de cette enquête. Dans la perspective qui est la notre, on considère alors comme endogène un problème identifié dans le cours d'une recherche utilisant les normes et méthodes associées à l'activité scientifique (que celle-ci soit inspirée ou non par des considérations utilitaires). Réciproquement, un problème exogène est formulé au cours d'une pratique extérieure à tout processus de recherche scientifique – typiquement, au sein des sphères sociales, économiques, politiques.

Il nous semble dès lors cohérent avec les analyses de sémantique historique portant sur le contenu du concept de science fondamentale de considérer que ce dernier ne peut avoir de sens qu'en tant qu'il cherche à souligner cette opposition endogène/exogène. Dans ce cadre, l'idée selon laquelle le processus d'enquête est imprévisible et qu'il se déploie selon sa temporalité propre sont finalement des moyens d'affirmer qu'il est *en lui-même une source irréductible d'indéterminations*, qui doivent pouvoir être identifiées et problématisées. Or, laisser se déployer ainsi la logique interne de l'enquête nécessite de lui laisser un certain espace. Cet espace est effectivement celui que réclame la curiosité

individuelle, mais au sens pragmatiste du terme. Finalement, nous proposons ainsi de redéfinir la science fondamentale comme un espace où se déploient un ensemble de pratiques tendues vers des objectifs clairement définis et où peuvent être identifiés et formulés, de manière à pouvoir être résolus, les problèmes émergeant dans le cours de ces pratiques. Plusieurs remarques s'imposent à ce stade.

Premièrement, s'il est bien possible de définir la science fondamentale à partir de la notion de curiosité, cette dernière doit être radicalement révisée pour en soustraire toute référence à l'exploration spéculative. La curiosité mobilisée ici est la faculté de repérer des sources d'indéterminations immanentes à une pratique existante et non de poser des questions ou des problèmes qui s'en détacheraient radicalement. Deuxièmement, à quoi s'oppose précisément la science fondamentale telle que nous l'avons définie ? Dans la perspective que nous proposons, ce n'est pas la nature des objets étudiés qui est discriminante, mais la possibilité qui est laissée aux scientifiques de porter attention aux problèmes *endogènes* émanant de leurs pratiques, c'est-à-dire, de *prendre le temps* de les identifier et de les formuler. Une science qui s'éloignerait de son caractère fondamental tendrait donc à ne pas tirer pleinement partie des obstacles qu'elle rencontre. Par exemple, le fait d'abandonner trop vite un objectif sans chercher à identifier les problèmes qui en freinent la réalisation pourrait être le marqueur d'une science non fondamentale. Ainsi, si Morgan, pressé par le temps (supposons qu'il ait été soumis à des financeurs voulant des résultats rapides), avait abandonné son projet de mesurer les distances génétiques après s'être confronté à l'obstacle que représentait la variabilité du taux de *crossing-over*, il se serait éloigné du champ de la science fondamentale. À l'inverse, un travail d'ingénierie visant à améliorer l'aérodynamisme des ailes d'avion et qui, se heurtant aux insuffisances des équations de la mécanique des fluides décrivant ce type d'écoulements, entreprend d'en formuler de nouvelles, s'en rapproche¹³⁴. Bien entendu, nous apercevons immédiatement que cette conception de la science fondamentale ne peut avoir comme ambition de tracer des frontières rigides : au mieux, elle indique des tendances. Une science parfaitement fondamentale aurait le loisir de s'écarter librement, *dans les limites naturellement fixées par l'exigence d'authenticité*, des objectifs définis au départ, en suivant les problèmes endogènes émergeant des pratiques qui s'y déploient. Inversement, une pratique qui ne pourrait interroger les échecs qu'elle subit sortirait clairement du

¹³⁴Ce cas, faisant référence aux travaux de Prandtl au début du XX^e siècle, est détaillé par Böhme *et al.* (1983), p. 81.

champ de la science fondamentale. De manière intéressante, c'est précisément ce type de critique qui est souvent adressée aux modes de financements ne prenant pas en compte la temporalité propre de la recherche : en délimitant clairement les projets dans le temps, en abandonnant trop vite ce qui ne fonctionne pas, on s'interdit de creuser les obstacles rencontrés. Ce faisant, on nuit à la fécondité épistémique de la science – à sa capacité à poser de nouveaux problèmes. Cette remarque corrobore l'idée selon laquelle c'est bien l'appréhension d'une logique interne de l'enquête, comme source propre d'indéterminations, qui semble motiver la défense de la catégorie de science fondamentale.

Cette définition de la science fondamentale gagnerait sans doute à être approfondie, précisée, exemplifiée. Cette entreprise de clarification excéderait cependant les objectifs que nous nous fixons dans ce chapitre. Notre but en effet est avant tout de disqualifier une certaine conception essentialiste de la science fondamentale, cherchant à la ramener à un ensemble fixe de pratiques et/ou d'objets d'étude, et d'opérer un mouvement visant à remplacer l'antagonisme fondamental *vs.* appliqué par le couple endogène *vs.* exogène. Pour justifier la pertinence de ce déplacement, construire une définition robuste de la notion de science fondamentale n'est pas nécessaire : dans notre perspective, comme dans celle défendue par Schauz (2014), cette catégorie doit être contextualisée. Sans avoir de référent clair dans le champ scientifique, elle cherche en effet à capturer un ensemble de propriétés, de caractéristiques mal définies, qui sont pensées comme propres au processus recherche. Notre conception « pragmatiste » de la dynamique de la science nous fournit des outils pour préciser la nature de ces propriétés, que nous avons appréhendées en termes de logique interne de l'enquête. Ce changement de perspective a des conséquences politiques importantes. La question centrale de la gouvernance n'est, en effet, plus celle de l'équilibre entre une science non-utilitaire et une science orientée par les applications, mais de la mise en balance des problèmes endogènes et exogènes. Plus précisément, l'interrogation qui émerge est celle de l'équilibre entre l'expression des problèmes endogènes et la prise en compte des problèmes exogènes dans l'agenda de la recherche. Comment (et pourquoi) laisser une place à l'identification de problèmes exogènes ? Et une fois ces problèmes identifiés, comment les rendre *commensurables* avec les problèmes endogènes, afin de rendre possible la décision politique ? Le fait de laisser un espace permettant le déploiement de la curiosité (au sens pragmatiste) tend en effet à faire apparaître de nombreux obstacles réels ou potentiels. Rappelons en effet ce que nous avons noté dans la partie précédente : la curiosité est susceptible d'*anticiper* des indéterminations. Ainsi, même en excluant l'activité spéculative de la dynamique naturelle de la recherche, un grand nombre de problèmes endogènes peuvent émerger de la pratique scientifique, qui

ne peuvent évidemment pas tous être traités. Il faut donc tout à la fois laisser un espace où ces indéterminations, ces perturbations puissent être problématisées et comparer ces problèmes endogènes aux problèmes exogènes formulés en dehors du champ scientifique. L'identification des conditions institutionnelles garantissant un équilibre optimal, du point de vue de la fécondité épistémique, entre ces deux exigences, sera l'objet de la partie 4.

Avant cela, nous nous proposons, dans cette partie 3, de revenir sur la thèse II (anti-utilitariste), posant une forme de supériorité épistémique de la science fondamentale, conçue comme pratique scientifique détachée de tout souci de l'utile. Les analyses menées dans ce chapitre doivent nous permettre de reformuler cette thèse II d'une manière qui soit cohérente avec la définition que nous avons donnée de la notion de science fondamentale. Dans le cadre que nous avons proposé, discuter la thèse II revient ainsi à s'interroger sur *les effets épistémiques d'un prise en compte, pour définir l'agenda de la recherche, de problèmes exogènes au champ scientifique.*

Pour mener cette discussion, nous nous proposons de mettre au jour certains mécanismes spontanés d'interactions entre problèmes endogènes et exogènes et de montrer comment ces interactions sont bénéfiques à la fécondité épistémique du champ scientifique. L'histoire de la biologie moléculaire, dans un premier temps (chapitre VII), puis le cas des objets biologiques « complexes » (chapitre VIII) nous permettront d'illustrer les manifestations, *et l'intérêt épistémique*, de la perméabilité du champ scientifiques aux problèmes qui lui sont exogènes. Les exemples proposés seront en outre mobilisés pour étayer empiriquement la conception « pragmatiste » de la dynamique de la science (et notamment, de la notion de curiosité) développée dans la partie précédente. Ils seront, enfin, utilisés pour reprendre et actualiser les conclusions de la *finalization thesis*, cherchant elle aussi à décrire les interactions entre questions internes et externes au champ scientifique. Nous pourrons ainsi proposer une réponse à la thèse II.

CHAPITRE VII

PROBLÈMES ENDOGÈNES ET EXOGÈNES DANS LES DÉVELOPPEMENTS HISTORIQUES DE LA BIOLOGIE MOLÉCULAIRE

VII.1 Introduction

Le thème du mélange entre les considérations utilitaires et cognitives est un lieu commun des discussions sur la dynamique de la recherche. Comme nous l'avons vu dans le chapitre II (p. 73), le guidage de l'enquête par des questions liées, de près ou de loin, à un certain souci de l'utile, est reconnu et valorisé sur le plan épistémologique, par de nombreux auteurs (Böhme *et al.*, 1983, Stokes, 1997 ; Carrier, 2011a). De manière générale, ces travaux peuvent fournir une matière intéressante pour remettre en cause le bien-fondé de la thèse II (anti-utilitariste) – liant la fécondité épistémique de la recherche à la nature des objectifs qu'elle poursuit. Cependant, nous avons également pu remarquer, dans le chapitre précédent, que la catégorisation, la classification de la pratique scientifique sur la base des fins qu'elle se fixe n'est pas chose facile, du moins si l'on veut atteindre un degré de précision descriptive qui soit intellectuellement satisfaisant. D'une part, il est fort probable que dans un grand nombre de cas, la pertinence, ou la signification d'un projet de recherche dépende d'une superposition d'objectifs de types différents. Si l'on ajoute à cela, avec Kitcher (2010) [2001], une attention à l'histoire du développement des disciplines, trouver une science qui soit exclusivement dédiée à la connaissance *pour elle-même* tient sans doute de la gageure. En conséquence, définir clairement une science fondamentale en se fondant sur la nature de ses objectifs est un exercice périlleux. Cela ne signifie pas qu'une telle définition n'ait aucun sens, notamment au niveau sociologique : il existe bien sûr des laboratoires/des équipes menant une recherche plus *fondamentale* que d'autres, c'est-à-dire plus éloignées de préoccupations utilitaires. Mais en l'état, cette notion risque fort de nous égarer si l'on cherche à caractériser d'un point de vue épistémique les interactions entre les problèmes endogènes et exogènes au champ scientifique. Le fait de noter qu'une science est plus proche qu'une autre de questions pratiques n'a d'intérêt que si l'on considère que le souci de l'utile

introduit *en lui-même* des caractéristiques épistémiques spécifiques dans le processus de recherche. Or, ce point est loin d'être évident, comme le suggère Morrison (2011) à travers l'exemple de la supraconductivité (voir p.261). Rappelons que pour Morrison, l'entrée de préoccupations pratiques se fait sans doute de manière bien plus discrète que ne le prévoit une définition trop rigide de la science fondamentale : dans le cas de la supraconductivité, le passage d'une pratique de théorisation du phénomène à la recherche de lois empiriques décrivant localement les propriétés des matériaux a été parfaitement continu. C'est parce que la formulation d'une théorie générale s'avérait difficile que la recherche sur la supraconductivité s'est rabattue sur l'étude expérimental du phénomène et a alors intégré des matériaux susceptibles d'être utilisés dans des applications industrielles. Dans ce cadre, recherche fondamentale et inspirée par l'usage se confondent. De manière plus générale, si l'on désire interroger précisément le rôle épistémique que jouent, dans la dynamique du champ scientifique, les pressions exercées par la société dans laquelle il s'insère, le maintien d'une distinction entre le cognitif et le pratique risque de nous encombrer d'un appareil conceptuel inutile et lourd de présupposés. Encore une fois, cela ne signifie pas que cette distinction ne recouvre aucune réalité (il y a évidemment des recherches plus ou moins directement utiles), mais qu'elle ne doit pas conduire à porter un jugement sur la fécondité épistémique de la recherche menée.

Nous avons construit le même type d'argument pour la seconde manière la plus courante de définir la notion de science fondamentale, mobilisant le concept de liberté de recherche : postuler l'existence d'un espace dédié à l'exploration de l'inconnu pour lui-même n'a de sens qu'au sein d'un certain modèle du développement scientifique dont nous avons tenté de montrer les limites.

Partant de cette double constatation, nous avons alors proposé de déplacer la ligne de fracture entre science fondamentale et science inspirée par l'usage vers l'antagonisme entre problèmes *endogènes* et *exogènes*. Ce mouvement permet de penser l'intégration des activités scientifiques au sein d'une situation constituée par la superposition de pratiques menées au sein d'espaces distincts. Cette intégration, si elle reconnaît pleinement la possibilité de ces interactions, pose néanmoins l'existence d'une logique interne au champ scientifique, découlant de la logique même de l'enquête comme source propre d'indéterminations et à l'origine de problèmes endogènes. Avant de s'interroger, dans la partie 4, sur les conditions institutionnelles permettant d'optimiser l'équilibre entre la prise en compte des problèmes endogènes et exogènes, notre objectif dans ce chapitre est de caractériser, sur la base d'études de cas, la dynamique de cette interaction entre des questions formulées dans des espaces différents du monde social, ainsi que son impact sur la fécondité épistémique du champ

scientifique. Notre parti-pris, ici, est de considérer surtout des exemples tirés des sciences biologiques. Il s'agira ainsi de compenser un certain biais des discours pro-autonomie, centrés en majeure partie sur la physique, voire les mathématiques. Comme nous l'avons montré dans le chapitre II (p. 54), ce biais conduit certains auteurs (par exemple Raynaud, 2016) à construire une vision de la science très éloignée de la pratique scientifique elle-même – vision que Waters (2014) rattache à la tradition « fondamentaliste » de la philosophie des sciences. Or, si Waters choisit lui-même les sciences biologiques pour développer son projet de « métaphysique scientifique informée par la pratique », c'est que ces dernières contrastent particulièrement avec cette approche fondamentaliste, qui conçoit la science comme une activité dédiée à la découverte/formulation de théories ou de lois générales. À cela, s'ajoute l'existence, dans le cas des sciences biologiques, d'une zone de contact particulièrement étendue entre le savoir et ses applications : ce n'est pas un hasard si Stokes (1997) a choisi Pasteur pour imager sa notion de science inspirée par l'usage. Enfin, la complexité souvent reconnue des objets biologiques (Mitchell, 2003) doit également influencer sur les interactions entre différentes catégories de problèmes : lorsque la construction d'une théorie explicative générale est délicate et que la recherche est soumise à de fortes pressions externes (par exemple, dans le cas de pathologies), on peut s'attendre à ce que les problèmes exogènes jouent un grand rôle dans le guidage de la recherche. Ce point sera spécifiquement abordé dans le chapitre VIII. Ici, nous proposons, dans une perspective plus large, de bâtir une analyse de l'interaction entre problèmes endogènes et exogènes au cours de l'histoire de la biologie moléculaire, de la fin du XIX^e siècle à aujourd'hui. Nous illustrerons le caractère positif, pour la fécondité épistémique du champ scientifique, de ces interactions. Les études de cas présentées nous fourniront également l'occasion d'exemplifier le modèle du développement scientifique élaboré dans la partie 2. Il nous permettra enfin de revenir sur la *finalization thesis* comme modèle d'interaction entre questions internes et externes au champ scientifique.

VII.1.1 Génétique, biochimie et biologie moléculaire comme études de cas

Morange¹³⁵, dans son ouvrage de référence sur l'histoire de la biologie moléculaire (Morange, 1994), définit ce champ d'étude comme « l'ensemble des techniques et des découvertes qui ont permis l'analyse moléculaire des processus les plus intimes du vivant, de ceux qui en assurent la pérennité

¹³⁵De l'aveu même de ce dernier, la littérature sur le thème de l'histoire de la biologie moléculaire est particulièrement foisonnante. Notre objectif ici n'est évidemment pas d'en donner une vision exhaustive, mais d'en extraire des exemples précis permettant d'éclaircir et d'illustrer notre propos général.

et la reproduction (...). La biologie moléculaire », ajoute-t-il, « n'est pas une nouvelle discipline *stricto sensu*, mais plutôt une nouvelle manière de voir le vivant comme réservoir et transmetteur d'informations » (p. 5-6). Plus précisément, comme nous le détaillons dans la suite, la « révolution moléculaire » a consisté en l'établissement du lien entre l'ADN, porteur de l'« information génétique » et les protéines (les enzymes notamment), engagées dans le métabolisme, la communication inter-cellulaire, la cohésion tissulaire... Cette approche particulière du vivant développe donc un ensemble de concepts, de méthodes expérimentales, qu'elle applique à des objets distincts. Comme le note Morange, les dernières décennies du XX^e siècle ont ainsi été marquées par le déploiement de ces concepts et méthodes dans de nombreux champs disciplinaires, de la biologie cellulaire aux neurosciences, en passant par la biologie évolutive. Elle participe donc activement aux progrès des dimensions les plus théoriques des sciences naturelles. Parallèlement, au travers du « génie génétique », la biologie moléculaire constitue un cas typique de science « d'intervention, d'action » (p. 284). La création d'organismes génétiquement modifiés par manipulation des gènes et plus largement, le développement abondamment commenté des biotechnologies, illustrent parfaitement ce point. Ici donc, la pression de l'utile dans le guidage de la recherche semble particulièrement prégnante. Au carrefour entre l'élucidation des voies de signalisation fondamentales régulant les grandes fonctions vitales et la manipulation des génomes dans des visées thérapeutiques ou agronomiques, la biologie moléculaire est un objet de choix pour proposer une analyse critique de la thèse II.

Une première section se penche ainsi sur les principales étapes du déploiement de la biologie moléculaire et de ses antécédents historiques que sont la génétique mendélienne et la biochimie, de la fin du XIX^e siècle jusqu'à aujourd'hui. Dans une seconde section, nous reviendrons, armés de ces données, sur le modèle proposé au début des années 1980 par le groupe de Starnberg (Böhme *et al.*, 1983) pour rendre compte des rôles respectifs des problèmes internes et externes dans le guidage de la recherche. Cela nous permettra enfin d'explicitier l'influence épistémiquement positive d'une intégration des problèmes exogènes au sein du champ scientifique.

VII.1.2 Aux racines de la biologie moléculaire : génétique mendélienne et biochimie, entre intérêts pratiques et cognitifs

Morange ancre le déploiement historique de la biologie moléculaire dans la convergence de deux disciplines ayant fleuri au début du XX^e siècle : la biochimie d'une part et la génétique mendélienne de l'autre. Examinons l'un à la suite de l'autre chacun de ces apports.

VII.1.2.1 Les développements de la biochimie

L'étude du phénomène de fermentation alcoolique par Pasteur avait amené ce dernier à faire l'hypothèse que ce processus nécessitait la participation de cellules vivantes¹³⁶. La véritable naissance de la biochimie comme discipline est située par Morange, à la suite de Kohler (1975), dans les expériences du chimiste allemand Eduard Büchner (1897) qui a reproduit « *in vitro*, avec un extrait acellulaire de levure, la fermentation des sucres, c'est-à-dire l'ensemble des réactions dont, quarante ans plus tôt, Pasteur avait fait la marque, le signe de la présence d'êtres vivants » (Morange, 1994, p. 18). Le détail des travaux menés par Büchner est exposé par Kohler (1971). Originellement, le scientifique travaillait sur l'extraction de protéines bactériennes pathogènes dans le but de développer des protocoles d'immunisation (Kohler, 1971, p. 47). Ce problème de la « préparation » des protéines bactériennes était classique dans le champ de la « chimie physiologique », domaine d'étude héritier notamment de la tradition pasteurienne et analysant la chimie des phénomènes infectieux. Il existait ainsi plusieurs techniques d'extraction des protéines, dont le traitement à la glycérine chaude utilisé par Koch pour préparer la tuberculine (Kohler, 1971, p. 55). L'objectif de Büchner était de développer une méthode plus efficace, basée sur la rupture mécanique de la membrane cellulaire par broyage dans du sable. Il choisit de travailler sur les levures, dont la membrane était jugée plus aisée à rompre que la paroi bactérienne. Après plusieurs mois de travail, il parvint à mettre au point un protocole permettant de récupérer, depuis un échantillon de levure, « du liquide intracellulaire non dilué, quasiment pure de toute cellule entière et riche en protéines protoplasmiques dissoutes » (*Ibid.*, p. 59). Cependant, la grande instabilité de cet extrait rendait délicate son utilisation expérimentale. Il testa donc de nouveaux types de solutions aqueuses, constituées de « sels concentrés, de glycérine, ou de 40% de glucose » (*Id.*). Dans ce dernier cas, Büchner repéra la formation de bulles après l'extraction des protéines intracellulaires, signal reconnaissable d'un phénomène de fermentation. Le chimiste mena alors, avec l'aide de son frère, le médecin Hans Büchner, une série d'expériences visant à vérifier qu'il s'agissait là d'un processus de fermentation sans cellules vivantes (« cell-free fermentation »). En particulier, l'usage d'antiseptiques, « qui devaient théoriquement stopper l'action des cellules vivantes », ne modifia pas le résultat. Finalement, « en deux mois (...) Eduard fut convaincu qu'une fermentation *cell-free* authentique avait été découverte ». Il se dédia alors à l'étude de l'enzyme responsable du processus, qu'il baptisa « zymase » (*Ibid.*, p. 36). Cette découverte dé-

¹³⁶Pour une perspective détaillée de la controverse sur le processus de fermentation de 1840 à 1870, opposant notamment Pasteur et Liebig, on pourra se référer à Kohler (1971), p. 37-42.

montrait que les enzymes, auparavant connues dans le monde vivant pour catalyser uniquement des réactions simples d'hydrolyse, étaient responsables de certaines étapes complexes du métabolisme cellulaire – comme la dégradation des sucres. En conséquence, les travaux de Büchner ont fortement contribué à fonder « la nouvelle science biochimique ». Ainsi, « le présupposé commun du petit groupe des physiologistes, chimistes et microbiologistes qui commencèrent à se penser eux-mêmes comme biochimistes était la croyance selon laquelle toutes les fonctions physiologiques de la cellule vivante sont assurées par des enzymes » (p. 35). L'établissement de la biochimie comme discipline académique est documentée par Kohler (1975). Sans rentrer dans le détail des dynamiques sociologiques à l'œuvre, il apparaît que cette nouvelle biochimie a investi rapidement de nombreux champs de recherche, centrés sur des problèmes distincts. Par exemple, les maladies hormonales, étudiées auparavant d'un point de vue strictement clinique, ont profité de ce mouvement vers une analyse chimique du vivant. Kohler rapporte ainsi les travaux de (Hill, 1975), qui

distingue trois phases dans le développement de l'endocrinologie. La première, depuis les années 1880 jusqu'aux années 1920, est une période qu'elle qualifie de « médecine expérimentale ». Là, le médecin était la figure centrale. Dans les années 1920, Hill identifie une période durant laquelle la biologie, plutôt que la médecine, commence à fournir des modèles explicatifs (...). Dans les années 1930 enfin, les biochimistes prirent l'avantage grâce à leurs brillants succès dans l'élucidation de la structure des hormones stéroïdes (Kohler, 1975, p. 304).

Le même type de mouvement est observable en immunologie. Dans la tradition pasteurienne, l'accent est mis sur le développement de protocoles d'immunisation. Dans les années 1890, l'immunologie est ainsi une « contre-bactériologie, développant une rhétorique de défense contre les voies d'invasion de l'organisme ». La recherche de vaccins est le principal objectif de ce champ disciplinaire. Autour des années 1920, s'opéra ainsi « une réorientation de l'immunologie depuis la médecine vers la biologie » (Kohler, 1975, p. 306).

Un programme de recherche typique de ce virage de l'immunologie vers la biochimie est celui de Landsteiner, qui étudie la synthèse d'anticorps en présence de différentes espèces chimiques injectées dans l'organisme. La rencontre avec le physicien Linus Pauling est ici déterminante. Pour ce dernier, « les résultats obtenus par Landsteiner constituent un matériel exceptionnel pour la caractérisation des liaisons chimiques responsables de l'interaction entre antigènes et anticorps » (p. 21). Le problème de Pauling est le suivant : comment expliquer la formation des liaisons chimiques (valeur des angles et longueur des liaisons) dans le cadre de la mécanique quantique ? Les données

expérimentales (cristallographiques) portant sur la structure des molécules biologiques impliquées dans la réponse immunitaire, « couplées à certains principes de base de la mécanique quantique », ont alors permis à Pauling d'édicter un certain nombre de règles permettant de prédire la géométrie des molécules biologiques (Morange, 1994, p. 22). D'autre part, il donna au concept de spécificité (antigène/anticorps, enzyme/substrat) « ses lettres de noblesse chimique » en l'interprétant en termes de liaisons faibles. Les molécules du vivant devinrent donc un objet d'étude pour physiciens : par la réduction des propriétés biologiques à des lois physico-chimiques, ces derniers ont trouvé de nombreux cas d'étude permettant d'affiner les concepts de liaisons faibles, fortes, covalentes (p. 23).

De manière intéressante, la relecture de l'immunologie à l'aune de la biochimie a également profité à la fondation conceptuelle de cette dernière. Kohler (1975) note ainsi que « les parallèles entre l'immunologie et la biochimie des années 1890 aux années 1950 sont frappants. La nouvelle immunochimie de la fin du XIX^e a été un modèle pour la biochimie émergente. Les similarités entre les réactions enzymatiques et la liaison anticorps/antigène ont été vite identifiées et le terme lui-même de “biochimie” était probablement dû, en grande partie, à l'inclusion de la nouvelle immunologie ». Plus généralement, il apparaît que les développements de l'immunochimie pasteurienne, tournée vers la recherche de vaccins dirigés contre les agents pathogènes et les toxines qu'ils secrètent, avaient largement préparés le terrain pour l'acceptation du virage opéré par la nouvelle biochimie enzymatique. Les héritiers de Pasteur, à Paris, ont joué un rôle déterminant dans la promotion et le développement de cet appareillage conceptuel et méthodologique, notamment autour de Roux :

Roux fut l'un des premiers à travailler avec des toxines et antitoxines bactériennes et bien que ses talents étaient plus pratiques que théoriques, lui et ses collègues étaient très actifs dans l'application de la nouvelle immunologie dans la thérapie (...). Comme Hans Büchner, les pasteuriens de Paris étaient bien préparés à recevoir la zymase : ils reconnurent cette découverte comme une confirmation éclatante de la tendance croissance vers une nouvelles vision biochimique du vivant (Kohler, 1972, p. 340).

Finalement, la convergence de divers types de problèmes et des méthodes utilisées jusqu'alors pour les traiter, ont conduit à l'éclosion et à l'acceptation rapide d'un nouveau cadre conceptuel (la biochimie) permettant de les résoudre. Ce dernier est lui-même enrichi, justifié et renforcé par la diversité des objets auquel il s'applique.

En effet, outre l'endocrinologie et l'immunologie, les outils de la biochimie ont été déployés dans un grand nombre d'autres domaines, qui lui ont servi de point d'appui pour développer ses concepts.

Ainsi, « la découverte des acides aminés essentiels et des vitamines autour des années 1910 a participé pleinement à ce mouvement général vers la biochimie enzymatique » (Kohler, 1975, p. 303). Les recherches portant sur ces substances nutritives s'ancrent dans une riche tradition de problèmes pratiques, parmi lesquels figurent la lutte contre les maladies alimentaires, comme le scorbut qui décimait les équipages. Ihde et Becker (1971) dressent une histoire des différentes études menées, dans un contexte appliqué, afin d'identifier et de caractériser ces éléments ayant une grande importance sanitaire, mais également agricole. La relation entre la nutrition et certaines pathologies a ainsi constitué le point de départ du programme de recherche de Justus von Liebig, puis de ses successeurs, à partir des années 1840. En particulier, le rôle physiologique des protéines (Ihde et Becker, 1971, p. 21) et des éléments minéraux (*Ibid.*, p. 23) a été abondamment interrogé. Les techniques d'analyses chimiques mises en place ont très vite été utilisées pour répondre à des problèmes agronomiques. Les élèves de Liebig se sont ainsi « associés aux stations d'expérimentations agricoles ». Par exemple, « Johann Wilhelm Henneberg (...) fut particulièrement actif dans la promotion de ce type d'approche analytique et dans son application à des problèmes agricoles. Avec son associé, Friedrich Stohmann, il a développé un système d'analyse de la nourriture et des excréments des animaux de ferme, comme une base pour étudier la digestion et la réponse des animaux à différents types de nutriments » (Ihde et Becker, 1971, p. 25). Ce savoir-faire allemand a ensuite migré aux États-Unis, où se sont développés de grandes stations d'agriculture expérimentale, comme la Connecticut ou la Wisconsin Agricultural Experiment Station (*Ibid.*, p. 27). Les scientifiques y mirent au point des tests visant à optimiser les rations distribuées aux animaux : les substances qui semblaient nécessaires étaient analysées de manière à isoler les molécules mises en jeu (*Ibid.*, p. 26). Par exemple, l'étude du rôle nutritif des différents acides aminés identifiés a conduit Osborn à mettre au point des méthodes d'analyse novatrices offrant « le matériel protéique le plus fin jamais obtenu » (*Ibid.*, p. 28). Finalement, il est apparu, au fil des années, que certains éléments traces non identifiés étaient absolument nécessaires. En particulier, deux éléments, solubles respectivement dans une phase aqueuse ou lipidique, furent isolés et baptisés en 1916 « water-soluble A » et « fat-soluble B » (*Ibid.*, p. 30). L'attention portée à ces futures vitamines A et B ouvrit la voie à l'étude des vitamines, qui « devint, dans les années 1920, extrêmement populaire, notamment du fait de leur importance pratique et économique en médecine, en agriculture et dans l'industrie » (Kohler, 1975, p. 303). Il est important de noter, ainsi, que ces « travaux pionniers sur les vitamines » ont été conduits « par des chimistes agronomes, dont les analyses étaient motivées (...) par les besoins économiques et le pouvoir politique de l'agriculture » (Ihde et Becker, 1971, p. 31, citant l'histo-

rien de la médecine Rosenberg)¹³⁷. L'identification des vitamines a ensuite été notamment prise en charge par des « nutritionnistes pratiques » qui, dans les années 1930, « ont fortement contribué à l'émergence d'une biochimie nouvellement unifiée, de plus en plus indépendante de la médecine pratique et alliée avec la biologie expérimentale » (Kohler, 1975, p. 304). Cette « unification des deux branches de la biochimie » (l'enzymologie et l'étude des vitamines) a notamment été rendue possible par l'élucidation de la structure chimique des vitamines et leur identification avec des co-enzymes (molécules nécessaires à l'activité de certaines enzymes) (*Ibid.*, p. 303-304).

Citons enfin une troisième direction de déploiement de la nouvelle biochimie : l'élucidation des cycles métaboliques. Comme nous l'avons vu, la mise en évidence du rôle des enzymes synthétisées par les cellules dans les processus de fermentation a rendu scientifiquement pertinente l'étude biochimique des phénomènes connus pour être caractéristiques des cellules vivantes, notamment, la respiration et le métabolisme du glucose. Nous ne rentrerons évidemment pas ici dans le détail de ces développements¹³⁸. Notons cependant que là encore, l'influence de préoccupations venant de la pratique clinique ont joué un rôle important dans le guidage des recherches biochimiques et dans sa définition en tant que discipline académique. Dans son histoire de la découverte du cycle de l'acide citrique (ou cycle de Krebs), élément clé de la dégradation du glucose, Krebs (1970) met ainsi en valeur sa volonté de « parvenir à une image cohérente des processus métaboliques » (p. 166-167). Il associe ainsi son succès au regard de biologiste et de clinicien (il était médecin assistant au Département de Médecine Interne de Fribrug lorsqu'il débuta ses recherches en 1932) qu'il portait sur le problème. Ses expériences avaient ainsi pour objectif d'étudier « principalement sur des tissus de reins ou de foie, l'oxydabilité des substances qui pouvaient être des intermédiaires [dans l'oxydation du glucose] » (*Ibid.*, p. 155). Il oppose en particulier sa démarche à celle d'un concurrent malheureux, Martius, qui « se regardait lui-même comme un chimiste organique théoricien, intéressé par les mécanismes des réactions. La dégradation oxydative du citrate était pour lui un problème chimique, pas biologique » (p. 166). À l'inverse, Krebs définit son regard comme « celui d'un biologiste tentant d'élucider les événements chimiques dans les cellules vivantes » (*Ibid.*, p. 167). Kohler (1975) juge ainsi que « Krebs est venu à la biochimie depuis la pratique clinique et a apporté à ce domaine sa vision de physiologiste (...). Encore une fois, la présence d'objectifs et de perspectives variées ont

¹³⁷Un exposé exhaustif de la contribution de cette chimie agricole à l'étude des vitamines au début du XX^e siècle peut être trouvé dans Beardsley (1969).

¹³⁸On pourra se référer, pour ce point, à Fruton (1972) et Holmes (1975).

exercé une influence profonde sur l'orientation de la pensée biochimique » (p. 298). Finalement, on retrouve un schéma similaire à celui relevé pour les cas de l'endocrinologie, de l'immunologie et de l'étude des vitamines : des questions, problèmes, préoccupations émanant des sphères sociales, médicales ou économiques viennent nourrir et orienter le déploiement des méthodes et concepts de la biochimie.

Synthétisons en quelques phrases les données historiques présentées dans cette section. Dans la continuité de l'immunochimie pasteurienne, qui avait vocation à élaborer des procédés d'immunisation, le chimiste Eduard Büchner travailla à mettre au point une technique novatrice devant permettre d'extraire les protéines intracellulaires de pathogènes. En tentant de résoudre un problème (l'instabilité chimique du produit obtenu) apparu lors de ses tentatives, il mit en évidence un processus qu'il a reconnu comme étant de la fermentation (oxydation du glucose en éthanol). Cette observation suggéra que des enzymes synthétisées par les cellules étaient capables de prendre en charge des réactions métaboliques complexes. Prenant place au début du tournant chimique de la médecine initié par les héritiers de Pasteur (Roux notamment), la découverte de Büchner ouvrit rapidement « un nouveau monde » (Kohler, 1975, p. 338, citant le pasteurien français Duclaux en 1897) aux chercheurs. Concrètement, le concept central de la biochimie (la cellule vivante est le siège de réactions chimiques catalysées par des enzymes) a rendu possible la (re)formulation progressive d'un grand nombre de questions, de problèmes isolés et caractérisés en médecine (les maladies hormonales, les affections alimentaires), en immunologie (la reconnaissance antigène/anticorps), en chimie agricole puis en nutrition (étude des vitamines), en chimie organique (étude des mécanismes réactionnels en prenant pour objet les réactions biologiques), en biologie cellulaire (élucidation des cycles métaboliques). D'autre part, ces différents programmes de recherche n'ont pas consisté en la simple application d'une théorie générale préalablement formulée dans un espace protégé dédié à la pratique d'une science fondamentale. Ils ont participé au développement de la biochimie elle-même, en tant qu'un ensemble de concepts théoriques et de méthodes expérimentales. Cette observation peut être exploitée sur un plan sociologique et un plan épistémologique. Dans le premier cas, la question est celle de la dynamique institutionnelle de constitution des disciplines académiques – thème suscitant un intérêt renouvelé ces dernières années (Benninghoff *et al.*, 2017). On peut notamment s'interroger sur les mécanismes ayant guidé « le succès de la biochimie dans la compétition pour le support financier et le prestige parmi les disciplines académiques et médicales » (Kohler, 1975, p. 280). Dans le cadre de ce travail, nous privilégions cependant la perspective épistémolo-

gique, qui nous semble tout aussi riche d'enseignements. Les exemples que nous avons développés ici mettent en effet en évidence une logique complexe de convergence de différentes lignes d'investigation, motivées par des questions distinctes : comment extraire les protéines bactériennes afin d'améliorer les procédés d'immunisation ? Comment se fait la reconnaissance antigènes-anticorps ? Quelle est la structure des molécules responsables des maladies hormonales ? Quels éléments doivent être présents dans les rations alimentaires distribuées au bétail ? Quel sont les mécanismes des réactions chimiques intracellulaires ? Quelles enzymes sont responsables des cycles métaboliques ? La recherche de solutions à ces problèmes de différents ordres a guidé les développements des connaissances fondamentales constituant le champ disciplinaire de la « biochimie » et de la biologie au sens large.

Afin d'approfondir ce résultat, revenons un instant aux analyses menées dans la partie 2. Nous y avons décrit la dynamique de la recherche comme intégrée dans une situation constituée par une superposition de pratiques internes ou externes au champ scientifique. Nous avons également précisé la notion de *pratique scientifique* en proposant d'en distinguer trois niveaux distincts, chacun d'entre eux étant une source possible d'indéterminations menant à l'identification de problèmes à résoudre. Le cas du développement de la biochimie à la fin du XIX^e et dans la première moitié du XX^e siècle illustre bien la mécanique possible des interactions entre ces pratiques enchâssées les unes dans les autres. Büchner déployait son activité au sein de ce que nous avons défini comme étant le premier niveau de la pratique scientifique : l'élaboration de techniques, de protocoles expérimentaux. Ces travaux étaient en outre connectés à des pratiques externes au champ scientifique : ils visaient en effet à répondre à des problèmes exogènes (la mise au point de protocoles d'immunisation). En tentant de résoudre un problème ayant émergé de l'enquête qu'il menait (l'instabilité des produits obtenus), Büchner a identifié un événement inattendu : l'oxydation du glucose présent dans la solution utilisé. L'intérêt de ce résultat résidait dans le fait qu'il était connecté à un autre problème endogène au champ scientifique : l'origine biologique du processus de fermentation. La réponse apportée par Büchner à cette question (le fermentation est un phénomène purement chimique, pouvant se manifester dans un environnement acellulaire) a eu des conséquences importantes sur un grand nombre de pratiques – c'est-à-dire qu'elle a permis de résoudre des problèmes soulevés dans différents espaces de la situation et d'en poser de nouveaux. Comme nous l'avons montré, ces pratiques affectées par les travaux de Büchner étaient tout à la fois internes et externes au champ scientifique. D'autre part, les nouvelles questions soulevées au sein du champ scientifique (rôle et fonctionnement

des enzymes, description des réactions du métabolisme) se sont révélées être étroitement connectées aux problèmes exogènes (nutrition, endocrinologie). Un exemple précis peut permettre d'éclairer la nature de cette connexion. Comme nous l'avons noté précédemment, l'étude biochimique des mécanismes des réactions enzymatiques avait mis en évidence l'existence de co-enzymes, molécules nécessaires à l'activité enzymatique. En parallèle, l'étude des vitamines par les « nutritionnistes pratiques » a conduit à leur identification à ces co-enzymes (Kohler, 1975, p. 303-304), tissant une interdépendance entre deux types de pratiques. De manière plus générale, le mouvement décrit par Hill (1975) depuis la médecine vers la biologie dans le cas de l'endocrinologie, et que nous avons étendu au cas de l'étude des vitamines, peut s'interpréter dans la perspective d'une complexification, d'un épaissement de la situation. Cette dernière a vu en effet converger des problèmes soulevés au sein de pratiques distinctes : de ce fait, les pratiques médicales et agronomiques se trouvent liées à l'étude des enzymes et des cycles métaboliques. Notons également qu'outre le perméabilité aux problèmes exogènes, le développement de la biochimie illustre l'interaction des pratiques ayant cours au sein même du champ scientifique. La mise au point de protocoles, de techniques expérimentales (extraction de protéines), s'est trouvée connectée à la résolution de problèmes théoriques en biologie (sur l'origine du processus de fermentation) et aux débats plus généraux agitant la science de l'époque (opposant les perspectives physiologiste et chimique sur le vivant [Kohler, 1971]).

Finalement, l'importation dans le champ scientifique de problèmes exogènes a donc joué positivement sur sa fécondité épistémique. Le traitement de questions formulées à l'extérieur du champ scientifique a motivé le déploiement de la biochimie dans un grand nombre de directions. La connaissance des mécanismes régulant le métabolisme cellulaire a largement bénéficié de cette dynamique. Comme nous avons pu le montrer, le déploiement des recherches en immunologie, endocrinologie et en nutrition (toutes motivées par des problèmes exogènes) a ainsi contribué à affiner les savoirs fondamentaux en biologie. De manière significative, les interactions entre problèmes endogènes et exogènes mises en évidence dans le cas de la biochimie se retrouvent sous une forme très similaire dans les développements, au début du XX^e siècle, de la seconde source de la biologie moléculaire contemporaine : la génétique classique.

VII.1.2.2 Les développements de la génétique mendélienne

L'institutionnalisation de la génétique comme champ d'étude spécifique, dans les premières décennies du XX^e siècle aux États-Unis, est sans doute une étape clé ayant contribué au développement

de la future biologie moléculaire. Comme le note Morange, l'étude de la transmission héréditaire des caractères, suivant les cadres conceptuels de la génétique mendélienne¹³⁹, « s'individualisa assez vite et garda souvent peu de contacts avec les autres disciplines biologiques. Loin de lui nuire », ajoute-t-il, « cet isolement lui profita. C'est là où elle put s'individualiser comme nouvelle discipline, aux États-Unis, en particulier, que la génétique connut ses plus grands développements (...). Cette observation suggère que l'isolement disciplinaire de la génétique était nécessaire à son développement » (Morange, 1994, p. 25). Plusieurs études historiques portant sur la naissance de la génétique comme discipline apportent un éclairage intéressant sur cette question. Ainsi, il apparaît que le contexte particulier de la recherche américaine, fortement liée et guidée par des intérêts exogènes et largement financée par des groupes privés, a permis l'éclosion et le développement de cette science nouvelle. L'importance prise par la génétique à partir des années 1900 est, en effet, fortement liée à « l'influence que cette science eut dans le domaine de l'agronomie. Aux États-Unis, en Grande-Bretagne, ce furent les sélectionneurs, les fabricants de semences qui, avec l'appui des pouvoirs publics, contribuèrent au développement des recherche et à la création d'instituts de génétique » (Morange, 1994, p. 25). En particulier, « la génétique se développa beaucoup plus vite aux États-Unis qu'en France ou en Allemagne, car la souplesse du système universitaire américain permit de répondre à cette demande, ce dont furent incapables les systèmes français ou allemands » (*Id.*). Comment expliquer cette dynamique spécifique ? Les études de Kevles (1980) et Rosenberg (1967) mettent l'accent sur le rôle central joué par « l'intérêt naturel [pour la génétique] des fermiers et des éleveurs qui, bien que pas toujours bienveillants vis-à-vis de la recherche fondamentale, supportèrent sa poursuite au sein des nouveaux centres d'expérimentations agricoles rattachés aux universités » (Kevles, 1980, p. 451). Nous retrouvons ici ces stations d'expérimentations agricoles que nous avons évoquées dans la section précédente concernant les développements de la biochimie. Selon Kevles, ces dernières « ont constitué une source importance de recherches d'excellence en génétique. La *Maine Experiment Station* (...) mena une recherche méticuleuse sur la transmission héréditaire chez les volailles » (p. 451-452). L'historien relate également les découvertes de Spillman, qui redécouvrit les lois de Mendel lors d'un travail portant sur la mise au point d'une espèce de blé résistante à des conditions hivernales difficiles :

¹³⁹Du nom du moine morave Gregor Mendel ayant édicté ses célèbres « lois » en 1866. Il faut néanmoins noter que ces « lois de Mendel » ont été vite oubliées et redécouvertes quelques 40 ans plus tard dans le contexte que nous détaillons dans cette section.

Le travail de W. J. Spillman, un biologiste végétal au Collège d'État de Washington, fut particulièrement notable. En 1901, en réponse aux besoins des fermiers locaux, il commença à développer une variété de blé capable de survivre aux hivers rigoureux de la région. Spillman ne connaissait rien de Mendel, mais il sentit qu'une route féconde à suivre passait par l'hybridation. Intelligent et observateur, Spillman reconnut que les variations observées dans la génération F2 n'étaient pas le fruit du hasard, mais le résultat de la combinaison des caractères des parents hybrides. Il calcula alors les pourcentages de distribution et leur trouva une étonnante régularité (...). En lisant les articles de Spillman, C. C. Hurst déclara : « ce papier est de la plus grande importance biologique et il constitue la meilleure confirmation des lois de Mendel. Il offre même plus d'observations que Mendel lui-même » (Kevles, 1980, p. 452).

Ouvrons ici une courte parenthèse, pour revenir à certains arguments classiques des discours pro-autonomie. Nous avons proposé, dans la partie 2, une perspective sur le développement scientifique qui visait à offrir une alternative aux arguments valorisant l'exploration de l'inconnu comme moteur de la recherche. Ces derniers insistent sur l'importance des scientifiques ayant poursuivi solitairement des voies de recherche qui n'intéressaient personne à leur époque. Ainsi, Simon (2006) note-t-il qu'« il y a beaucoup d'exemples de scientifiques, comme Galilée, Boyle et Semmelweis, qui étudièrent des questions qui bien que n'intéressant personne à cette époque, furent finalement considérées bien plus tard d'une importance vitale » (p. 207). Magnus (2008) rajoute à cette liste le cas des travaux de Mendel, « qui ne furent reconnus que bien après sa mort » (p. 10). L'exemple de Spillman offre une réponse intéressante à cet argument. En redécouvrant entièrement les lois de l'hérédité à partir d'une recherche inspirée par des problèmes exogènes, reconnus comme importants à l'extérieur de la sphère scientifique, Spillman a montré du même coup comment une recherche menée dans un contexte utilitaire pouvait rivaliser, en termes d'apports épistémiques, avec des travaux spéculatifs conduits en toute liberté. Il est même possible, avec une petite dose de provocation, de remarquer que finalement, les découvertes de Mendel n'ont peut-être pas servi à grand-chose pour les développements futurs de la génétique : pourquoi donc se soucier du fait qu'elles n'auraient pas, aujourd'hui, été sélectionnées par une agence de financement, si Spillman est parvenu au même résultat à un moment où il s'inscrivait dans la résolution d'un problème authentique ? Il semble ainsi qu'un argument comme celui de Simon ou de Magnus nécessiterait, pour être pertinent, de montrer que les découvertes mentionnées n'auraient *jamaïs* pu se produire dans un contexte distinct (par exemple, celui d'une recherche guidée par le souci de l'utile ou accordant un moindre degré de liberté individuelle aux scientifiques). Outre le fait qu'ici comme ailleurs, un tel exercice d'uchronie est périlleux, le cas de Spillman constitue un contre-exemple frappant à opposer à ce type d'argument. L'oubli des lois de Mendel montre en effet qu'une recherche spéculative tend naturellement à

être ignorée, laissée de côté. Nous retrouvons donc ici l'idée selon laquelle s'ils ne sont pas inscrits dans un réseau de pratiques qui leur donnent de l'importance (ce qui était le cas des recherches de Spilman), les résultats obtenus dans le cours d'une recherche donnée ne sont pas considérés par le champ scientifique. En revanche, lorsqu'ils sont utiles au déploiement d'autres pratiques, ces derniers sont véritablement intégrés au stock des connaissances alimentées, mobilisées et remaniées par l'activité scientifique. Motiver des travaux se trouvant être, de toute évidence, déconnectés des problèmes authentiques émergeant de la situation n'est donc sans doute pas une bonne stratégie pour optimiser la fécondité épistémique du champ scientifique.

Cette parenthèse refermée, revenons aux développements de la génétique. Les particularités du contexte américain dans ce domaine sont bien mises en valeur dans l'étude de Harwood (1987) comparant les « styles scientifiques nationaux » aux États-Unis et en Allemagne. L'historien souligne en particulier que les scientifiques allemands cherchaient une théorie de l'hérédité qui « rendrait compte du rôle des gènes dans un plus grand nombre de phénomènes que ceux étudiés par les généticiens américains » (p. 392). La science allemande aurait ainsi été dédiée à la « théorisation à large échelle », avec notamment la volonté d'unifier la question de l'hérédité et celle du développement embryonnaire. À l'inverse, le « style » américain faisait la part belle à la résolution de problèmes précis, à court-terme, souvent issus d'un souci de l'utile :

Au niveau le plus général, structurel, les historiens de l'université américaine ont souvent noté son orientation vers les « services », c'est-à-dire sa réactivité vis-à-vis des groupes externes. Les universités privées, dépendant nécessairement de l'attraction de nouveaux étudiants et de la philanthropie, devaient être flexibles et pragmatiques quant aux cours dispensés et à l'organisation des départements et facultés (Harwood, 1987, p. 404).

Cette dynamique s'exprima notamment dans l'interconnexion de la génétique et de l'agriculture. L'utilité de la première pour le développement de la seconde aurait fortement contribué à instituer la génétique en discipline autonome. À l'inverse, en Allemagne, le fossé séparant le monde universitaire de la demande extérieure (notamment agricole) aurait condamné la génétique à être incluse dans d'autres domaines (l'embryologie et la physiologie notamment), ce qui a fortement nuit à son développement (Morange, 1994, p. 25-26). Très clairement, la prise en considération d'une diversité de problèmes distincts a constitué un moteur pour la genèse et le développement de disciplines et de

sous-disciplines indépendantes les unes des autres¹⁴⁰. Suivant cette logique, la génétique a ainsi pu se développer en tant que discipline dans plusieurs types d'espace, attachés à l'étude de différents objets. Rosenberg (1997) en repère trois : « les facultés de médecine, les centres de recherche agricole et les département de biologie » (Kohler, 1975, p. 287). Penchons-nous maintenant sur l'un des programmes de recherche les plus féconds de la génétique américaine, mené par Morgan et ses collaborateurs à l'Université Columbia de New-York à partir de 1904 et ayant développé la *Drosophile* comme modèle expérimental. Détaillons quelque peu la nature de ces travaux, déjà partiellement analysés dans la partie 2 sur la base des études de Waters (2008b).

Le choix de la *Drosophile* permit à Morgan de développer un modèle élégant de la transmission des caractères, précisant et justifiant la théorie chromosomique de l'hérédité (l'idée selon laquelle les informations transmises à la descendance se trouvent sur les chromosomes, dont la répartition en deux lots identiques lors de la division cellulaire était déjà bien caractérisée). Les travaux menés à l'Université Columbia s'attachaient ainsi à étudier la répartition, dans de grandes populations de *Drosophiles*, de certains caractères « sauvages » et « mutants » aisément repérables : couleur des yeux, taille des ailes... Les croisements d'individus porteurs de ces caractères ont conduit à postuler l'existence d'une liaison physique entre des groupes de gènes et donc leur ordonnancement le long des chromosomes. D'autre part, le phénomène de « recombinaison » des caractères fut expliqué par « l'échange des fragments des chromosomes d'une même paire lors de la formation des cellules sexuelles » (Morange, 1994, p. 24). Ce cadre conceptuel définit alors un programme de recherche précis et systématisé, visant à dresser des cartes génétiques de la position des gènes sur les chromosomes, sur la base de la mesure de la fréquence des recombinaisons (*Ibid.*, p. 24). Dans cette perspective, la propriété fondamentale des gènes était leur capacité d'auto-réplication, qui leur était « consubstantiellement liée » et « pouvait être étudiée indépendamment de leur mécanisme d'action ». Ainsi, « les généticiens mettaient bien plus l'accent sur la fonction auto-répliquative du gène que sur son action dans la cellule ». En particulier, la question de la nature physico-chimique des gènes et de leur mécanisme d'action dans la cellule n'était pas considérée comme un problème pertinent à traiter (*Ibid.*, p. 27) :

¹⁴⁰Cette idée peut être rapprochée des analyses de Gläser et Laudel (2016) et de Benninghoff *et al.* (2017) sur la formation des disciplines académiques, avec comme notamment comme cas d'étude les sciences de l'ingénieur.

Les généticiens étudiaient les gènes sans se soucier, apparemment, ni de leur mécanisme d'action, ni de leur nature chimique (...). L'étude directe de la nature chimique des chromosomes avait montré que ceux-ci étaient formés d'acides nucléiques (acide désoxyribonucléique ou ADN) et de protéines. Ce résultat était largement admis par les biologistes (...). C'est aux protéines qu'était attribuée la spécificité génétique, les acides nucléiques servant probablement de support, ou de réserve énergétique. Le problème de la nature chimique des gènes *n'était pas un problème important* (Morange, 1994, p. 26-27, *nous soulignons*).

L'élucidation de la nature chimique précise des gènes n'était pas nécessaire au développement du programme de recherche mené par Morgan et ses collaborateurs. L'état hypothétique des connaissances à ce sujet ne constituait pas un obstacle à leurs pratiques et n'était donc pas à proprement parlé un *problème*. De la même manière, l'étude des mécanismes sous-tendant la propriété auto-répliquative des gènes ne constituait pas non plus « un vrai programme de recherche » (p. 28). Les généticiens de l'Université Columbia se sont donc contentés de mettre en œuvre une démarche expérimentale bien balisée, visant à répondre à un problème clairement défini – étudier la transmission et la combinaison des caractères chez la *Drosophile*. Ainsi, « de très nombreux gènes ont été localisés sur les chromosomes. La fréquence des différentes formes de ces gènes (les allèles), l'effet de la position de ces gènes sur les chromosomes ont été étudiés dans les moindres détails » (p. 34). Réciproquement, pendant plusieurs décennies, « deux problèmes, pourtant essentiels, ont été négligés [par les généticiens américains] : la nature des gènes et leur mécanisme d'action » (p. 34). Pour Morange, ce désintérêt pour des questions excédant le cadre et les pratiques de recherche définies par les généticiens de Columbia pose question :

Il est particulièrement étonnant de voir que les généticiens se sont désintéressés du problème du rôle des gènes dans le développement embryonnaire, à l'exception de quelques rebelles (...). Ce désintérêt apparent pour les problèmes du développement est d'autant plus étrange que plusieurs des fondateurs de la génétique, donc Morgan, ont été embryologistes avant de devenir généticiens (Morange, 1994, p. 35).

Plusieurs explications ont été proposées pour justifier cette attitude. Sapp (1983) souligne ainsi les facteurs institutionnels ayant motivé la séparation de la génétique des autres domaines de la biologie et contribué à sa focalisation sur un ensemble spécifique de problèmes. Comme pour le cas de la découverte d'Avery, détaillé dans le chapitre III, ce type d'explication masque l'existence d'un conservatisme inhérent au champ scientifique, tel que nous avons pu le caractériser dans la partie 2. L'apparent désintérêt pour les questions excédant le cadre d'une pratique étroitement définie n'est « étonnant » que si l'on attend de la science qu'elle soit réellement une exploration de l'inconnu. Un rappel des analyses de Waters (2008b), mobilisées dans la partie 2, peuvent nous permettre de

compléter cette idée. Le désintérêt de l'équipe de Morgan pour les questions sortant du cadre qu'elle s'était fixée est plus large que ne le note Morange : les généticiens n'ont pas ignoré simplement le problème de la nature chimique des gènes et celui de leur rôle dans le développement, mais ont également laissé de côté les observations surprenantes réalisées sur le phénomène de *crossing-over*. De manière générale, il apparaît que la perspective que nous avons proposée pour rendre compte de la dynamique interne du champ scientifique explique mieux les comportements comme ceux d'Avery ou de Morgan que les explications sociologico-institutionnelles proposées, notamment par Morange ou Wyatt (1972). Nous confirmerons cette idée dans la suite de notre étude historique, où d'autres exemples de découvertes dites « post-matures » (Zuckerman et Lederberg, 1986) nous semblent aisément interprétables à la lumière de la logique pragmatiste de l'enquête.

VII.1.2.3 Un premier rapprochement entre génétique et biochimie : la relation un gène/une enzyme

Entre les années 1900 et 1940, la biochimie et la génétique avaient avancé de manière autonome, défrichant chacune un territoire défini par des problèmes qui leurs étaient propres. Une première convergence entre ces deux programmes de recherche s'opéra en 1941, lorsque « George Beadle et Edward Tatum montrèrent que les gènes contrôlaient la synthèse des enzymes et que l'on pouvait mettre en évidence l'existence d'un gène différent pour chaque enzyme » (Morange, 1994, p. 31). La mise en évidence du « contrôle génétique des réactions biochimiques » chez la moisissure *Neurospora* (Beadle et Tatum, 1941) est classiquement présentée comme une étape importante dans la construction historique des principes de la biologie moléculaire. Plusieurs études historiques ont ainsi détaillé les motivations ayant sous-tendu ces travaux¹⁴¹. Au niveau technique tout d'abord, l'attention portée à *Neurospora* est le fruit de la recherche d'organismes modèles propres à bâtir des programmes de recherche en génétique, comme Morgan et ses *Drosophiles*. La première étude biologique de *Neurospora* est due à Bernard Dodge, botaniste spécialiste des pathologies végétales au Brooklyn Botanical Garden. La mise en évidence de son cycle sexuel particulier (les cellules sont haploïdes) « fit de Dodge (...) un promoteur acharné de *Neurospora* comme organisme modèle pour les études génétiques » (Kohler, 1991, p. 119). En conséquence, Dodge « tenta de persuader Morgan que ce champignon était beaucoup plus adapté que les *Drosophiles* pour ses recherches » (*Id.*). Morgan, réticent, finit par accepter de confier l'étude génétique de *Neurospora* à un de ses

¹⁴¹Il existe des analyses historiques et sociologiques fines des conditions institutionnelles et de la dynamique des collaborations ayant guidé le travail de Beadle. On pourra se référer notamment à Kohler (1991) et Kay (1989).

étudiants et d'en faire un thème de recherche (mineur) de son laboratoire. Une fois intégré à ce programme, *Neurospora* attira l'attention de Beadle, qui cherchait un organisme adapté au traitement d'un « problème central dans les recherches sur l'hérédité, tenant aux liens entre les gènes et les enzymes » (Kay, 1989, p. 73). Les développements parallèles de la biochimie et de la génétique laissaient en effet un vide qui, bien que laissé de côté en un premier temps par les généticiens du groupe de Morgan, devint dans les années 1930 un problème reconnu comme tel par les physiologistes et les biochimistes :

Grâce à la convergence de plusieurs tendances intellectuelles et institutionnelles dans les années 1930 et notamment l'insistance de la fondation Rockefeller¹⁴² sur la biologie physicochimique, les aspects physiologiques et biochimiques de la génétique ont commencé à attirer de jeunes chercheurs en sciences de la vie et en physique (...). Expliquer ce que sont les gènes et ce qu'ils font dans un langage physico-chimique devint un objectif central de la biologie moléculaire naissante (Kay, 1989, p. 76).

Dans ce cadre, Beadle et ses collaborateurs avaient fait l'hypothèse que chaque gène contrôlait une enzyme impliquée dans une chaîne de réactions métaboliques conduisant aux phénotypes observés (Morange, 1994, p. 36). Le système expérimental mis en place devait alors permettre de proposer une démonstration de ce principe *un gène-une enzyme*. L'idée était la suivante : en cultivant des moisissures sur des milieux présentant une carence en vitamines ou en acides aminés, on pouvait isoler des souches exigeant la présence d'une de ces molécules (vitamine B1, B6 ou tryptophane) et dont la chaîne de biosynthèse présentait donc un défaut. L'exposition des souches à des rayons X augmentait la fréquence de mutations et donc favorisait la genèse de tels mutants métaboliques. À partir de là, les techniques classiques de la génétique mendélienne pouvaient permettre, par croisements successifs, de montrer que dans chaque cas, un seul gène était responsable de l'activité de l'enzyme associée. Le développement de ce protocole avait ainsi pour objectif de répondre à un problème que l'on peut qualifier de théorique et que l'historienne Kay formule comme suit : « les gènes sont-ils des enzymes, ou fabriquent-ils des enzymes ? » (Kay, 1989, p. 73). Bien que, comme le rappelle Morange, les interprétations fournies par Beadle et ses collaborateurs en faveur de la seconde de ces possibilités n'aient pas immédiatement convaincus l'ensemble de la communauté scientifique, leurs résultats ont « permis l'association expérimentale entre biochimie et génétique » (Morange, 1994, p. 39).

¹⁴²Nous reviendrons dans la section suivante sur l'importance du guidage de la recherche en biologie moléculaire par cette fondation privée.

Outre ce rôle dans les avancées les plus fondamentales de la biologie moléculaire, les travaux de biochimie génétique s'inscrivaient également dans une visée explicitement utilitaire, inspirée par des problèmes exogènes au champ scientifique. Le développement du programme de recherche de Beadle et ses collaborateurs en plein Seconde Guerre mondiale s'explique ainsi, selon Kay, par différents enjeux non strictement épistémiques. Selon elle, « les succès remarquables de Beadle ont été le résultat d'une approche à deux niveaux en génétique biochimique : le niveau théorique et le niveau pratique » (Kay, 1989, p. 75). De fait, bien que « son engagement premier était lié au savoir fondamentale (la relation entre un gène et une enzyme), il mit en avant dès le début les potentiels retours commerciaux de la recherche menée sur *Neurospora*. C'est principalement grâce à ses applications pratiques que son travail a reçu une attention importante durant la guerre, garantissant la survie et le développement de son programme » (*Id.*). Plusieurs types de liaisons aux applications pratiques peuvent être repérées. Premièrement, dès leur article de 1941 (Beadle et Tatum, 1941), Beadle et Tatum ont souligné le fait que « leur méthode pouvait permettre de découvrir des substances physiologiquement importantes » (Kay, 1989, p. 85). Le programme expérimental développé, basé sur l'isolement de mutants métaboliques, a donc rapidement bénéficié « de crédits et de bourses, provenant de différentes entreprises pharmaceutiques ou agro-alimentaires, ou de la Nutrition Foundation » (Morange, 1994, p. 38). Les questions liées à la nutrition (et notamment, aux vitamines et aux acides aminés) ont ainsi fortement orienté le travail de Beadle :

À côté de leur importance théorique, un certain nombre de mutants nouvellement isolés étaient incapables de synthétiser une vitamine ou un acide aminé ayant une importance pratique. Le taux de croissance de chaque mutant était une fonction de la concentration de la substance en question dans le milieu de culture. Ainsi, en mesurant la masse de mycelium obtenue durant une certaine période (...), il était possible d'estimer la concentration de cette substance dans le milieu (Kay, 1989, p. 87).

Ainsi, la recherche de nouveaux mutants fut financée en grande partie en vue de ses applications pratiques. C'est pourquoi Beadle « attachait une grande importance aux aspects pratiques et commerciaux de son travail sur *Neurospora*, tout en poursuivant son intérêt principal : la corrélation entre les gènes mutants et leurs déficiences biochimiques » (Kay, 1989, p. 90). La grande productivité du programme de recherche de Beadle et ses collaborateurs (la genèse et l'isolement de mutants métaboliques et l'identification des grandes étapes des réactions biochimiques mises en jeu) est ainsi directement due au « lien entre la biochimie génétique et les enjeux industriels et militaires » (p. 101).

Les liens clairs que le programme de recherche de Beadle entretient avec des questions pratiques, utilitaires, viennent nourrir notre réflexion sur les interactions entre problèmes endogènes et exogènes dans le guidage de la recherche. Le principal collaborateur de Beadle, Tatum, était un pur produit de la biochimie américaine, étroitement liée, comme nous l'avons noté dans la section précédente, aux industries agronomiques (Kay, 1989, p. 80). La filiation est nette : la recherche de mutants de la biosynthèse des vitamines ou des acides aminés hérite une partie de sa pertinence de l'intérêt porté au début du XX^e siècle aux problèmes liés à la nutrition. La pertinence d'une étude sur le lien entre gènes et enzymes a donc été largement accentuée par sa connexion aux dimensions extra-scientifiques de la situation. À la question de la nature des gènes, se sont ajoutés les enjeux liés à la nutrition et à l'étude des vitamines. D'autre part, les modalités même de cette étude (le type d'objet sur lesquels elle s'est effectuée : les mutants du métabolisme) étaient fortement dépendantes des problèmes identifiés hors du champ scientifique. Ainsi, des liens étroits se sont tissés entre différents niveaux de pratiques : la mise au point de protocoles expérimentaux (isolement de mutants), la théorisation des liens entre les gènes et les enzymes, l'étude des fonctions des vitamines, la médecine et l'agroalimentaire.

Ces liens sont doubles. D'une part, l'authenticité des problèmes soulevés au sein de ces différentes pratiques était accrue par leur interdépendance. D'autre part, l'orientation de l'enquête, le choix des objets sur lesquels elle portait, était guidée par ce métissage des pratiques. La collaboration entre Beadle et Tatum elle-même est symptomatique de cette dynamique : le choix des mutants métaboliques comme objet d'étude s'est imposé à eux comme la combinaison d'une question théorique (le lien gène/enzyme), de contingences techniques et expérimentales (pouvoir isoler des mutants facilement) et d'enjeux extra-scientifiques.

De manière significative, l'épisode historique présenté ici est utilisé par Morange pour illustrer la notion de « découverte post-mature », proposée initialement par les biologistes Zuckermann et Lederberg (Zuckerman et Lederberg, 1986). En d'autres termes, « elle aurait du intervenir plus tôt, compte tenu des développements spectaculaires intervenus, tant en biochimie qu'en génétique, au début du siècle » (Morange, 1994, p. 31). Cette notion traduit donc l'idée d'un certain décalage entre la manière dont les progrès scientifiques sont reconstruits rétrospectivement et la dynamique réelle de l'enquête. Comme nous l'avons vu dans les cas d'Avery et de Morgan et comme nous le verrons encore plus loin (notamment dans le cas de la découverte des ARNm et de l'élucidation du

mécanisme de l'interférence à ARN), le fait de souligner l'existence d'un tel écart entre le rythme que les découvertes ont suivi et celui qu'elles *auraient dû* suivre, est symptomatique d'une certaine conception de la dynamique de la science comme exploration de l'inconnu. En effet, une découverte est jugée « post-mature » par rapport à une communauté scientifique idéale qui chercherait en premier lieu à accroître notre connaissance du monde naturel. Cette communauté idéale serait capable, à chaque instant, d'établir un bilan des savoirs pour en déduire la prochaine étape à franchir. On rejoint ici ce que Waters caractérise comme la tradition « fondamentaliste » en philosophie des sciences, qui interprète les buts et la dynamique de la science uniquement du point de vue des théories et des concepts, au détriment des pratiques scientifiques elles-mêmes. Si l'on adopte, au contraire, la perspective que nous avons développée dans la partie 2, la notion de « post-maturité » perd de son sens. Un résultat est susceptible d'être intégré au bagage des connaissances lorsque la structure de la situation, l'état des pratiques (et non pas des théories) le rend pertinent.

Suivant une idée proche de cette notion de « post-maturité », Morange reprend, pour décrire la réception des travaux d'Avery, l'opposition entre « information » et « connaissance » scientifique proposée originellement par Wyatt (1972) pour décrire la manière dont certains résultats reconnus rétrospectivement comme importants marquent peu la communauté scientifique au moment de leur obtention et gardent longtemps le statut de simple « information » avant de devenir proprement une « connaissance ». Là encore, ce phénomène trouve une explication toute naturelle pourvu que l'on ne s'éloigne pas trop des pratiques scientifiques elles-mêmes. Comme l'a illustré Waters (2008b), dès lors que l'on s'intéresse de près à ces dernières, il apparaît qu'un grand nombre d'informations, en particulier celles contenues dans les techniques et protocoles expérimentaux, ne sont effectivement pas traduites en connaissances, c'est-à-dire ne sont pas mobilisées au sein de modèles explicatifs, locaux ou globaux. Dans ce cadre, au lieu de surprendre l'historien des sciences, cet antagonisme devrait être vu comme inhérent à la logique de l'enquête.

VII.1.3 La fondation Rockefeller et le virage « réductionniste » en biologie

Les premières décennies du XX^e ont été marquées par un mouvement général des sciences biologiques vers une lecture physico-chimique du vivant. D'une part, les développements de la biochimie ont mis à l'honneur l'étude moléculaire des processus métaboliques et pathologiques. D'autre part, comme le montre Morange (1994), l'introduction des techniques physiques en biologie a joué un

grand rôle dans son développement (p. 116-129) : chromatographie, ultracentrifugation, électrophorèse, marquage radioactif sont le signe de l'adoption d'une « philosophie matérialiste, réductionniste » (p. 111) comme cadre général de recherche. L'une des manifestations les plus marquantes de ce virage est la politique de dotation de la fondation Rockefeller, ayant subventionné, dans les années 30-50, de nombreux laboratoires « de chimie et de physique désirant aborder l'étude de la biologie, ou des laboratoires de biologie pour l'achat de matériel permettant l'étude physique des êtres vivants » (*Id.*). Cet épisode historique constitue un cas intéressant pour les problèmes qui nous occupent : il pose en effet immédiatement la question de la « gestion de la science » (Kohler, 1976) et à ce titre, il a été l'objet d'âpres débats posant la question de savoir

quelle politique de la science est possible. Si la fondation Rockefeller a joué un rôle essentiel dans la naissance de la biologie moléculaire, c'est la preuve que l'on peut orienter la recherche scientifique. Si la biologie moléculaire s'est, au contraire, développée de manière autonome, simplement soutenue par la fondation Rockefeller, c'est que le développement de la recherche scientifique est largement indépendant des influences extérieures. Une politique de la science ne doit alors viser qu'à aider de manière non sélective la recherche (Morange, 1994, p. 105).

Pour Morange, cette manière de poser le débat est trop simpliste et nous partageons cette idée. Il nous semble en effet que cette fausse alternative est l'expression typique de certaines des impasses argumentatives que nous avons identifiées dans le chapitre II. On y retrouve notamment l'opposition factice entre l'*orientation* et l'*autonomie*. Face au rôle essentiel, reconnu par la majorité des historiens des sciences, joué par la fondation Rockefeller dans « le changement de paradigme qui s'est produit en biologie dans les années 40 » (p. 110) et donc dans les développements de la biologie moléculaire contemporaine, un tenant des discours classiques « pro-autonomie » se trouve donc devant un choix délicat. Une première possibilité serait de nier que la Fondation ait activement orientée la recherche : celle-ci, sans ses crédits spécifiquement alloués à certains projets, « aurait avancé, sans doute moins vite, mais dans la bonne direction » (*Id.*). Dans ce cas, une science idéalement autonome, financée sans sélection en amont des projets, reste la meilleure option politique. Cet argument n'est pas convaincant : si la fondation Rockefeller a soutenu les voies de recherche allant dans « la bonne direction », il s'agit donc typiquement d'un exemple de pilotage par externalisation réussi et l'on voit mal comment soutenir alors qu'il aurait mieux valu laisser la communauté scientifique répartir elle-même ses fonds. Une deuxième possibilité serait de démontrer que l'orientation de la recherche par la Fondation Rockefeller a eu un impact négatif. Peu d'historiens se sont aventurés sur cette voie. Morange ne cite qu'un seul travail allant dans ce sens, celui de Abir-Am (1982), pour

qui l'orientation de la recherche par la fondation aurait simplement accentué la domination des « groupes reconnus » au détriment des « jeunes équipes et des projets réellement novateurs » (Morange, 1994, p. 111). L'historienne reproche ainsi à Warren Weaver, responsable de l'orientation de la politique scientifique de la Fondation, d'avoir choisi de concentrer ses ressources sur « l'application des techniques physiques, chimiques et mathématiques aux processus vitaux ». En effet, « dans cette nouvelle politique, un soutien a été apportée à l'utilisation de techniques physiques au matériel biologique » (Abir-Am, 1982, p. 350). Ce choix aurait alors eu des conséquences néfastes, en dirigeant les financements « vers des investissements sûrs, au détriment des projets innovants mais risqués » (*Ibid.*, p. 367). Nous retrouvons donc ici la mécanique classique des arguments pro-autonomie, dénonçant toute influence externe sur le développement scientifique comme appauvrissant l'enquête en inhibant les prises de risque. Elle donne, à l'appui de cette hypothèse, un exemple concret de ce qu'elle juge être « un investissement manqué » : le refus de soutenir la fondation d'un Institut de Morphologie Mathématique à Cambridge en 1935 (p. 361). Cet argument, ici, est particulièrement intéressant. Disposant du recul historique nécessaire pour estimer la valeur potentielle de ce projet et plus largement, pour juger du rôle joué par la Fondation dans les réussites de la biologie contemporaine, il est possible de porter un regard rétrospectif sur l'argumentaire de Abir-Am.

Tout d'abord, Morange revient longuement sur l'épisode de l'Institut de Morphologie Mathématique. Ce projet, porté par le cristallographe Bernal, le biologiste théoricien Woodger, les embryologistes Needham et Waddington et la mathématicienne Wrinch, visait à appréhender « le problème biologique de l'organisation » de manière « théorique, antiréductionniste (...) par un formalisme mathématique » (Morange, 1994, p. 113). En particulier, il s'agissait de se pencher sur le problème dit de l'« organisateur », ou « inducteur », en embryologie. Il était en effet connu qu'une zone particulière du mésoderme embryonnaire était capable d'induire la formation d'un tissu particulier (par exemple, le système nerveux), ce qui suggérait l'existence d'une « substance dont la nature physico-chimique restait à définir » (p. 114). La fondation Rockefeller refusa de financer la constitution de l'Institut – tout en soutenant les travaux du groupe et offrant une bourse à Waddington pour visiter les laboratoires américains de génétique (p. 113). Pour Abir-Am (1982), cette décision reflète le rejet des « projets innovants » (p. 366) et le désir de poursuivre des « investissements sûrs » (p. 362), ancré dans le mouvement général de la biologie moléculaire vers le réductionnisme. Est-il si évident d'affirmer que cette décision constitue pour autant un « investissement manqué » ?

Comme le souligne Morange, la recherche de la nature de cet inducteur « avait mené à une impasse » (p. 114) et le problème semblait insoluble. Pour lui, la communauté scientifique l'avait donc implicitement rejeté comme une question à éviter :

Il existe ainsi en science un certain nombre de problèmes, théoriquement importants, mais dont l'expérience acquise apprend à se détourner. Jamais aucun scientifique ne le dira à voix haute : il n'y a en effet aucune justification rationnelle à ce renoncement ; ne pas s'atteler à ce genre de projets fait partie de la formation non écrite du scientifique (Morange, 1994, p. 115).

Autrement dit, la question est de savoir si la fondation Rockefeller aurait *dû* aller contre ce sentiment général partagé par l'ensemble de la communauté et financer un projet marginal, que la majorité des scientifiques jugeait non pertinent. Cette opposition commune aux idées de Needham et Waddington est confirmée par « la collecte de l'expression des opinions » sur ces chercheurs au sein des groupes de chercheurs européens. De l'aveu même de l'historienne, les jugements émis sur les porteurs du projet de « morphologie mathématique » étaient très mitigés (Abir-Am, 1982, p. 365), ce qui a fini de décider Weaver à ne pas financer la fondation de leur Institut. Il est toujours possible de postuler que ce choix fut une erreur. Cependant, les exercices d'uchronie, en histoire des sciences comme ailleurs, constituent des paris risqués, d'autant plus qu'un certain nombre d'éléments affaiblissent la position de Abir-Am. Tout d'abord, elle n'offre aucune analyse rétrospective suggérant que finalement, le programme de Needham et Waddington aurait constitué une voie de recherche fructueuse. Le simple fait qu'il s'écartait du courant dominant semble à ses yeux suffisant pour en faire un potentiel succès avorté. À l'inverse, Morange (1994) élève des doutes sur la pertinence du projet, dans le contexte où il a été formulé (p. 113). D'autre part, si aucun indice ne permet apparemment de supposer que cette perspective anti-réductionniste aurait mérité une attention plus soutenue, beaucoup d'autres s'accroissent pour souligner les progrès des connaissances fondamentales en biologie au sein du cadre dominant de la biologie moléculaire. Morange consacre ainsi un long passage sur l'importance de « l'introduction des techniques physiques en biologie » (p. 116-129). Il semble difficile de soutenir que l'équipement des laboratoires, supporté notamment par la Fondation Rockefeller, a été une erreur stratégique, tant ces innovations techniques (électrophorèse, ultracentrifugation, microscopie électronique, cristallographie) servent au quotidien les chercheurs contemporains en biologie fondamentale. En outre, l'accélération des découvertes en biologie moléculaire réductionniste entre les années 1940 et les années 1960, ayant débouché notamment sur la découverte de la structure de la molécule d'ADN, l'élucidation du code génétique

et du mécanisme de la synthèse des protéines (voir section suivante), démontre immédiatement la pertinence, à l'époque, d'un tel programme.

Nous avons déjà évoqué, dans la partie 2, le cas des débats opposant le réductionnisme à l'anti-réductionnisme comme un cas possible de problème spéculatif, ne pouvant prétendre jouer de rôle important dans le guidage de la recherche. L'examen des critiques du réductionnisme introduit par la fondation Rockefeller nous offre, il nous semble, d'autres exemples de cette dynamique. Outre les travaux d'Abir-Am, une critique du réductionnisme de la Fondation Rockefeller se retrouve également sous la plume de Kay (1993). Cette dernière soutient que « le programme [réductionniste] exprimait l'idée selon laquelle les mécanismes de causalité ascendante (*upwards causation*) constituaient des explications nécessaires et suffisantes et le chemin le plus productif vers le contrôle biologique et social » (cité par Horowitz, 1994, p. 929). Plus précisément, elle affirme, si l'on en croit son critique Horowitz, que « la génétique moléculaire est le produit de la collusion entre Caltech [California Institute of Technology, où travaillait Morgan] et la Fondation Rockefeller dans le but d'acquérir un contrôle social » (*Ibid.*, p. 929). Ce qui effraie Kay ici, c'est le pouvoir acquis par la biologie moléculaire en tant que discipline. Bien évidemment, au vue des développements récents des biotechnologies, de telles craintes, exprimant la nécessité d'un contrôle politique sur les directions prises par l'enquête, sont tout à fait légitimes. Le problème est que l'historienne excède ces considérations éthiques et critique la stratégie de la fondation Rockefeller sur un plan épistémique, en affirmant que cette focalisation sur la biologie moléculaire a inhibé le développement d'approches anti-réductionnistes. Suivons ici l'analyse d'Horowitz :

Kay affirme qu'il existe une variété de biologies non réductionnistes, qui auraient toutes été un bien meilleur cadre pour comprendre le vivant. Elle écrit ainsi que « l'abondance des modèles anti-réductionnistes rigoureux qui se sont développés durant la seconde moitié du XX^e siècle atteste des limites des approches mécanistes et physicochimistes pour résoudre les problèmes d'organisation biologique ». Bien entendu, ni Kay ni les références qu'elle propose ne fournissent un tel modèle (Horowitz, 1994, p. 929).

Nous n'avons pas la prétention, ici, de trancher ce débat. Cependant, il nous semble que la logique argumentative utilisée par les pourfendeurs du réductionnisme est en elle-même révélatrice : nier les succès réels obtenus par le courant dominant de la biologie moléculaire, pour mettre en valeur d'hypothétiques voies de recherche oubliées, inhibées, étouffées dans l'œuf par une instance centralisatrice plus intéressée à renforcer le pouvoir des groupes de recherche dominants qu'à pro-

mouvoir des projets innovants. Outre le fait que l'existence réelle de tels projets reste à démontrer (puisque ni Kay, ni Abir-Am n'en fournissent d'exemple convaincants), ce type d'argument nous semble fondé sur une pétition de principe : les scientifiques individuels ont été pris en otage par une décision de politique scientifique les orientant de force dans des directions qu'ils n'auraient pas choisies eux-mêmes. Contre cette idée, nous avançons ici une hypothèse qui nous semble plus crédible, étant donné l'état du savoir historique : la Fondation Rockefeller a accompagné le développement de certaines pratiques scientifiques particulièrement efficaces pour répondre aux problèmes (endogènes et exogènes) posés alors au champ scientifique. Comme le note Morange (1994), « il ne faut pas faire de la Fondation Rockefeller le moteur de cette évolution : elle était, par sa politique, le reflet et la servante d'un mouvement plus général des sciences. Ce mouvement ne peut être limité à une institution ni à un pays » (p. 115). Morange cite, à l'appui de son affirmation, la création, ailleurs dans le monde, d'Instituts ayant des objectifs proches de ceux de la fondation Rockefeller, comme l'Institut de biologie physico-chimique en France. Ce point trouve également une justification dans les travaux de Waters et notamment dans sa critique du débat réductionnisme *vs.* anti-réductionnisme (Waters, 2008a). Rappelons en effet que pour lui, les scientifiques se sont massivement tournés vers l'utilisation des outils de la nouvelle génétique moléculaire car elles permettaient de résoudre avec succès un grand nombre de problèmes en biologie – en un mot, elle a considérablement accru la fécondité épistémique des disciplines dans lesquelles elle s'est déployée. Les scientifiques ne sont donc pas devenus *intellectuellement* réductionnistes, par adhésion à un cadre conceptuel, mais des utilisateurs d'outils nouvellement développés. Dans ce cadre, comme nous l'avons noté dans la partie 2, les critiques comme celles d'Abir-Am ou de Kay risquent de ne soulever aucun problème authentique, de rester purement spéculatives. Il est toujours possible, en effet, de remarquer la domination des approches réductionnistes dans la biologie contemporaine et d'associer cette domination à l'histoire de la molécularisation de la discipline. Cela ne démontre pas pour autant que l'adoption d'un autre cadre conceptuel soit pertinente, ou aurait été considérée comme pertinente par une communauté scientifique idéalement libre. Ainsi, si l'Institut de Morphologie Mathématique n'a pas vu le jour, c'est avant tout parce que les problèmes qu'il se proposait de résoudre étaient considérés comme spéculatifs par le champ scientifique lui-même – et pas simplement par les décideurs de la fondation Rockefeller. Selon nous, c'est cette idée que capture Morange lorsqu'il juge que la recherche de l'inducteur en embryogenèse est un exemple de problème « théoriquement important, mais dont l'expérience acquise apprend à se détourner » (Morange, 1994, p. 115). C'est justement parce que la science n'est pas une entreprise spéculative que le réductionnisme a pu s'imposer aussi aisément :

son rôle dans le renouvellement des pratiques scientifiques et notamment dans leurs aspects les plus techniques, a assuré sa domination rapide en biologie. Nous reviendrons sur ce point dans le chapitre suivant. Pour l'instant, continuons notre survol historique des développements de la biologie moléculaire. Cette dernière, à partir des années 1960, a connu une phase de maturation rapide, avec l'élucidation de la structure de l'ADN et des principales voies intracellulaires gouvernant la synthèse des protéines, précédant sa colonisation des autres domaines de la biologie et la naissance des biotechnologies.

VII.1.4 Maturation et expansion de la biologie moléculaire

VII.1.4.1 Le découverte de la « double-hélice »

Comme nous l'avons noté lors de notre étude des travaux d'Avery (chapitre III), la reconnaissance de l'ADN comme molécule porteuse de l'hérédité est passée, au début des années 50, du statut d'information importante à celui de point de départ d'un programme de recherche jugé significatif par la communauté scientifique. L'élucidation de la structure de de l'ADN était devenue un problème à résoudre, notamment au sein de l'influent « groupe du phage » (Morange, 1994, p. 146). La rapidité avec laquelle le célèbre modèle en double-hélice de Watson et Crick (Watson et Crick, 1953) a été diffusé, accepté et célébré témoigne de cette dynamique. Morange compare ainsi le contexte de réception de ces travaux en 1953 et celui ayant accompagné la découverte d'Avery en 1944 :

L'historien rencontre dans l'analyse de la découverte de Watson et Crick une difficulté quasi symétrique de celle éprouvée à la lecture de l'article d'Avery. Les lecteurs de ce dernier et Avery lui-même étaient étonnés du résultat obtenu, car ils étaient convaincus que l'ADN n'était pas une molécule importante, spécifique. À la lecture des articles de Watson et de Crick, à l'étude des réactions qui accompagnèrent la publication de ces articles et de leurs autobiographie, la surprise est inverse. Tous étaient convaincus de l'importance de la molécule d'ADN dans les phénomènes héréditaires et nul n'éprouvait le besoin de justifier cette conviction (Morange, 1994, p. 147).

La réception particulière des travaux d'Avery est expliquée par Morange en faisant référence à un hypothétique manque de conscience de son potentiel intérêt. Nous avons montré, dans la partie 2, que cette interprétation ne concordait pas avec les données historiques, qui suggèrent au contraire qu'Avery, tout en ayant pleinement connaissance de l'impact possible de ses travaux pour les généticiens, avait choisi de rester cantonné à la voie de recherche qu'il s'était fixé. Nous avons alors proposé l'hypothèse suivante : la structure physico-chimique de l'ADN était tout simplement

considérée comme un problème purement spéculatif (dont la résolution n'aurait aucun impact sur les pratiques en cours). La découverte de la structure de l'ADN semble s'ancrer dans une dynamique inverse, portée par le travail d'une communauté de recherche explicitement dédiée à traiter cette question.

Si l'on se penche plus précisément sur le contexte historique, il semble que plusieurs types d'objectifs étaient, en fait, étroitement liés. Outre les scientifiques cherchant spécifiquement la structure de l'ADN, comme Watson, Crick, mais aussi Pauling (comme en témoigne sa contribution de 1953 Pauling et Corey, 1953), la cristallographie avait également pris comme objet d'étude la molécule d'ADN. Le développement de cette discipline s'inscrit entièrement dans la dynamique d'application de techniques physiques aux objets biologiques. La ligne de recherche suivie dans des groupes comme celui de Bragg, au sein duquel Crick menait sa thèse lors de sa rencontre avec Watson, « était de progresser dans l'échelle de complexité des molécules étudiées et de montrer que la technique de diffraction permettait de déterminer la structure de molécules aussi complexes que les molécules de protéines » (Morange, 1994, p. 138). Les problèmes posés étaient donc avant tout d'ordre technique. La difficulté d'interprétation des clichés de diffraction, venant tout aussi bien d'obstacles pratiques (l'obtention d'images de bonne qualité) que théoriques, tendait à faire de la cristallographie une spécialité en elle-même, posant ses propres questions, de manière relativement indépendante des problèmes biologiques spécifiques posés par les objets qu'ils étudiaient. Les relations entre Watson, Crick et les cristallographes Wilkins et Franklin illustrent bien cette idée. Wilkins et Franklin travaillaient tous deux à la réalisation de clichés de diffraction aux rayons X et avaient choisi l'ADN comme objet d'étude (Morange, 1994, p. 143). Les grandes qualités expérimentales de Franklin lui permirent « d'obtenir très rapidement des clichés d'une qualité très supérieure à tous ceux existant auparavant. Le groupe de Raynaud-Wilkins possédait donc tous les atouts pour faire progresser rapidement les recherches sur la structure de l'ADN » (*Ibid.*, p. 141). L'histoire a gardé en mémoire les célèbres clichés obtenus par Franklin, en insistant sur le rôle qu'ils ont joué dans les travaux de Watson et Crick (Sayre, 1975). Dans ce même mouvement, Franklin a parfois « pris la place de martyr dans la mythologie qui s'est construite autour de la découverte de la double hélice d'ADN » (Morange, 1994, p. 150) : Crick et Watson lui auraient volé sa découverte. Ainsi, Klug (1968) affirme-t-il que « Franklin avait beaucoup progressé vers la structure correcte » (p. 843-844). Cette présentation des résultats obtenus laisse sous-entendre que l'objectif du groupe de Wilkins était prioritairement d'élucider la structure de l'ADN, en tant que molécule-clé de la biologie. Or, comme le montre Morange, cette hypothèse est pour le moins hasardeuse :

L'école cristallographique britannique était certainement la meilleure école du monde. Mais cette force était aussi, d'une certaine manière, une faiblesse. Les cristallographes étaient assurés de leur succès final. Les progrès continus de la technique de diffraction des rayons X montraient que la détermination de la structure des macromolécules biologiques, ADN et protéines, était à leur portée. Mais forts de cette suprématie, ignorants des enjeux de ces structures pour les biologistes moléculaires – le problème de la structure des gènes était devenu crucial pour ceux-ci – les cristallographes n'étaient pas pressés. Crick et Watson trouvaient que Wilkins et Franklin travaillaient très minutieusement, mais aussi trop lentement, comme si la détermination de la structure de l'ADN *n'avait eu pour eux qu'une importance limitée*, n'avait été qu'un infime jalon dans un progrès continu des connaissances (Morange, 1994, p. 146, *nous soulignons*).

Pour Morange, les objectifs poursuivis par les cristallographes, dont Wilkins et Franklin, n'étaient pas exactement les mêmes que ceux de Watson et Crick. Les problèmes que ces deux groupes cherchaient à résoudre ne se recouvraient pas totalement. L'amélioration, l'affinement des techniques de cristallographie sur la base de l'étude de macromolécules complexes contribuait certes à répondre à la question posée par Watson et Crick, sans pour autant en faire un enjeu prioritaire. Pour Morange, « il est (...) très clair que Franklin n'avait pas une conscience aussi nette que Watson et Crick de l'importance de la structure de l'ADN, ni du besoin d'expliquer, grâce à cette structure, la “vertu” autorépliquative des gènes » (p. 150). Le programme de recherche au sein duquel chacun des deux groupes s'inscrivait était donc résolument différent, ce qui peut expliquer pourquoi ce sont Watson et Crick qui ont utilisé les clichés de Franklin pour en déduire la structure de l'ADN. Comme dans le cas d'Avery, l'historien des sciences se retrouve donc face à une situation troublante où des chercheurs sont restés remarquablement fidèles au type de problèmes qu'ils s'attachaient à résoudre et aux pratiques qu'ils déployaient pour y parvenir. Comme dans le cas d'Avery, il est tentant de faire de Franklin une préceuse oubliée et de lire rétrospectivement ses travaux uniquement comme des jalons posés le long du « chemin vers la double hélice », pour reprendre le titre du célèbre ouvrage d'Olby, *The Path to the Double Helix* (1984). Morange assimile cette interprétation à une « vision mythique » de l'histoire des sciences, faisant de la découverte de la structure de l'ADN l'objectif implicite de toutes les recherches antérieures. Outre le fait qu'elle souligne les dangers classiques, en terme d'erreurs historiques, de ce type d'appréhension rétrospective de la dynamique des sciences, il nous semble que la critique de Morange mérite d'être soulignée en ce qu'elle recoupe les analyses que nous avons menées dans la partie 2. En nuancant l'idée que Franklin soit réellement une préceuse oubliée, tout en admettant qu'elle avait une conscience claire de l'importance théorique de l'élucidation de la structure en double hélice, Morange rejoint, peut-être sans le savoir, une lecture

de l'activité scientifique centrée sur la pratique. Les cristallographes britanniques étaient moins intéressés par les progrès des connaissances fondamentales en biologie que par le déploiement de leur activité spécifique, centrée sur le développement et l'affinement de la cristallographie aux rayons X. Celle-ci, correspondant à ce que nous avons défini comme le premier niveau, technique, de la pratique scientifique, est enchâssée dans des pratiques plus proches d'une activité de théorisation, comme celle de Watson et Crick. Ainsi, la collaboration entre ces deux équipes de chercheurs illustre bien les mécanismes d'interaction entre des systèmes de pratiques indépendants. Des problèmes techniques (l'amélioration de l'imagerie aux rayons X) et théoriques (la nature de l'information génétique) deviennent inter-connectés. Cette convergence fait de l'étude cristallographique de l'ADN un projet de recherche important, pertinent pour une large communauté. Mais dans le même temps, les pratiques dont émergent ces problèmes sont relativement indépendantes et cherchent à se maintenir *pour elles-mêmes*.

VII.1.4.2 La formulation du « dogme » de la biologie moléculaire

Une fois clairement établie et acceptée la structure de l'ADN, la question de son lien avec la synthèse des protéines s'imposait d'elle-même, comme en témoigne la rapidité avec laquelle Francis Crick proposa un modèle pour l'incorporation des acides aminés dans les chaînes polypeptidiques sous le contrôle de l'ADN (Morange, 1994, p. 174). Outre cette volonté de percer le « code génétique », les biochimistes s'intéressaient eux aussi à la question de la synthèse des protéines, à travers le « désir de comprendre comment pouvait être franchie la barrière énergétique depuis les acides aminés jusqu'aux peptides » (Olby, 1986, p. 303). Nous n'entrerons pas ici dans le détail des programmes de recherche développés dans ce cadre. Retenons simplement qu'après la guerre, « plusieurs groupes mirent au point des systèmes permettant d'étudier *in vitro* la synthèse des protéines » (Morange, 1994, p. 173). De cette ligne de recherche, émergea notamment, en 1961, le modèle expérimental de Nirenberg et Matthaei (p. 175), ayant rapidement rendu possible le « déchiffrement complet du code génétique » (p. 178), c'est-à-dire, le lien logique existant entre l'enchaînement des nucléotides dans l'ADN et celui des acides aminés dans les protéines.

Une autre pièce manquait encore dans l'élucidation du mécanisme de la synthèse des protéines : le rôle joué par les ARN et en particulier les ARN messagers. Comme leur nom l'indique, ces acides nucléiques constituent les porteurs de l'information génétique entre le noyau, où se trouve l'ADN et le cytoplasme, où s'opère la synthèse des protéines. Morange qualifie, là encore, l'identification de

l'ARNm et de son rôle biologique en 1960 par Jacob et Monod comme un cas de découverte « post-mature », qui « aurait du intervenir plus tôt » (p. 188). Les développements des travaux génétiques et biochimiques avaient en effet conduit à plusieurs observations qui, *a posteriori*, auraient pu conduire à se poser la question de la fonction biologique des (futurs) ARNm. En particulier, les expériences menées par Matthaei et Nirenberg dans le but de déchiffrer le code génétique les ont amenés à s'interroger sur l'importance respective de la présence d'ADN et d'ARN pour la synthèse protéique (Nirenberg et Mathaei, 1961) et

dans ce but, ils avaient ajouté soit de la DNase, l'enzyme capable de dégrader l'ADN, soit de la RNase. *Les deux enzymes* inhibaient la synthèse protéique endogène. L'action de la RNase était plus rapide, suggérant peut-être un passage de l'ADN vers l'ARN. Les auteurs ne tirèrent aucune conclusion de cette expérience sur le rôle respectif de ces deux macromolécules (Morange, 1994, p. 181).

Encore une fois, le résultat, pourtant consigné, identifié, ne donne pas lieu à l'ouverture d'une nouvelle direction de recherche. Les deux scientifiques suivent la direction qu'ils avaient fixée au départ. Plus généralement, il existait tout un faisceau de preuves montrant que « l'ARN était impliqué dans la synthèse des protéines (...), [sur la base] d'un ensemble d'observations faites sur des systèmes très différents » (*Ibid.*, p. 182). Morange cite ainsi les travaux de Caspersson en 1939 (Caspersson et Schultz, 1939), ayant montré que la quantité d'ARN augmentait avec l'activité de synthèse des cellules. Les études sur le virus de la mosaïque du tabac par Fraenkel-Conrat (Conrat, 1956) avaient également montré que l'ARN contrôlait la synthèse des protéines virales. Plus généralement, Morange note qu'

un certain nombre d'études biochimiques commençaient à mettre en évidence une activité de synthèse de l'ARN dépendante de la présence d'ADN. L'importance de ces travaux pour confirmer le transfert d'information de l'ADN à l'ARN nous semble maintenant évidente. Il serait pourtant bien difficile de trouver dans les articles concernés une quelconque allusion à la signification biologique des résultats. Le problème de la synthèse des protéines n'était même pas mentionné dans ces études (Morange, 1994, p. 191).

Face à cette constatation, Morange s'interroge : « pourquoi le lien entre l'ADN et l'ARN est-il si tardivement établi, pourquoi n'en rencontre-t-on aucune mention dans les articles scientifiques avant 1959 (...) ? Le plus curieux n'est pas l'ignorance des relations exactes entre ADN et ARN, mais l'absence de curiosité sur ces relations. Les chercheurs se contentaient de phrases comme "l'ADN contrôle la fabrication de l'ARN" » (p. 192, *nous soulignons*). Même s'il est possible d'énumérer, comme pour le cas de la découverte d'Avery, une série d'explications techniques et cognitives ayant

freiné la prise en compte sérieuse des résultats concernant l'ARNm (p. 189), cette absence d'intérêt reste, de l'aveu même de Morange, surprenante. Elle manifeste clairement un manque de curiosité latent des chercheurs pour les résultats excédant le cadre de leur programme de recherche. Encore une fois, ces observations ont été laissées de côté alors même qu'elles étaient clairement identifiées : la phrase « l'ADN contrôle la fabrication de l'ARN » démontre la conscience qu'avaient les scientifiques de la signification expérimentale de leurs résultats. Il ne s'agit donc pas simplement d'observations prématurées, au sens où elles interviendraient à un moment où l'état des connaissances n'était pas adapté à leur réception. Comme dans les cas d'Avery, de Morgan, de Beadle ou de Franklin, on assiste bien plutôt ici à la manifestation concrète du *conservatisme* inhérent à la dynamique de la science. Là encore, il nous semble que la perspective proposée dans la partie 2 offre un cadre interprétatif bien adapté pour rendre compte de cet épisode : la reconnaissance de l'existence d'un problème possible ne suffit pas à rendre ce dernier authentique. L'étude du lien entre l'ADN et l'ARN n'est ainsi devenu que tardivement une question de recherche pertinente, alors même que l'on connaissait son existence depuis plusieurs années.

VII.1.4.3 Le développement des biotechnologies

À partir des années 1970, le déploiement de la biologie moléculaire est très fortement lié à la naissance du génie génétique, défini comme « ensemble des techniques qui permettent la manipulation des gènes, leur isolement, leur caractérisation, leur modification, leur transfert d'organisme à organisme et leur expression » (Morange, 1994, p. 238). La possibilité d'intervenir expérimentalement sur l'expression génétique afin de modifier les phénotypes est une idée ancienne, qui a accompagné le développement de la biologie moléculaire. Cette dimension de manipulation du vivant se trouve dans les écrits de bien des scientifiques ayant œuvré à la construction des connaissances fondamentales (Morange, 1994, p. 239-240¹⁴³). Dans ce contexte, le génie génétique, puis ce qu'on appelle aujourd'hui les biotechnologies peuvent être considérés comme consubstantiels au développement de la biologie moléculaire. Les premiers résultats ayant ouvert la voie à la manipulation des gènes démontrent la possibilité de mener des recombinaisons (liaison de fragments d'ADN d'origines différentes) *in vitro* et de « faire pénétrer le produit de ces recombinaisons aussi bien dans une cellule

¹⁴³Morange rappelle ainsi que dans son article de 1944, Avery mettait en avant la transformation des pneumocoques comme un exemple de changement phénotypique héréditaire « prédictible et spécifique ». De même, Tatum écrivait en 1958 qu'« avec une meilleure compréhension du fonctionnement et de la régulation de l'activité des gènes dans le développement et la différenciation, l'ensemble du processus pourrait être contrôlé et régulé plus efficacement (...) pour produire de meilleurs organismes ».

bactérienne que dans une cellule d'organisme supérieur » (p. 252). Les travaux de Jackson *et al.* (1972) sont considérés par Morange comme l'acte fondateur du génie génétique. Berg et ses collaborateurs sont parvenus à obtenir une molécule hybride, contenant l'ADN d'un virus connu pour causer des cancers (SV40) et du bactériophage « lambda ». Outre la description d'un ensemble de techniques expérimentales qui seront ensuite abondamment utilisées (couper, lier, dégrader, réparer l'ADN avec un ensemble d'enzymes extraites principalement de bactéries), les travaux de Berg indiquent clairement les perspectives qui les ont motivées, et en particulier la possibilité d'introduire ces gènes hybrides dans un organisme donné. Cette possibilité, confirmée expérimentalement par Morrow *et al.* (1974), a des implications théorique, puisque « le clonage de fragments spécifiques d'ADN depuis un génome complexe offre un outil de choix pour l'étude de l'organisation et de la fonction des génomes eucaryotes » (Morrow *et al.*, 1974, p. 1747). Cependant, le développement de ces techniques de clonage avait également de grandes implications pratiques, en rendant possible la production de « protéines d'organismes supérieurs par des bactéries » (Morange, 1994, p. 245). Ce type de débouché a rapidement motivé des recherches au sein de firmes que l'on qualifie aujourd'hui de « biotechnologiques », comme Genentech. Celle-ci, en partenariat avec l'Université de Californie, a cherché à faire produire à des bactéries des protéines d'importance thérapeutique, comme l'insuline ou la stomatostatine – objectif atteint respectivement en 1977 (Itakura *et al.*, 1977) et en 1979 (Goeddel, 1979).

Parallèlement, une autre direction de recherche était poursuivie, elle aussi riche d'implications pratiques : l'insertion de gènes recombinants dans des cellules d'organismes supérieurs. Comme le rappelle Morange, les années 1980 ont vu se développer les premières expériences d'intégration d'ADN dans des cellules végétales (Hernalsteens, 1980), ouvrant la voie à la création de plantes puis d'animaux « transgéniques ». Nous n'entrerons pas ici dans le détail des nombreux travaux ayant présidé au déploiement des « biotechnologies »¹⁴⁴. Les observations exposées ici nous semblent en effet suffisantes pour formuler un certain nombre de conclusions importantes pour le sujet qui nous occupe.

Il apparaît en effet que les recherches menées, à partir des années 1970, dans le cadre du génie génétique puis des biotechnologies ont été motivées par la convergence de questionnements, de

¹⁴⁴De nombreux ouvrages existent qui offrent un panorama complet du développement des biotechnologies, entre universités et entreprises privées, depuis les années 1980. On pourra notamment se référer à Rifkin (1998) ; Douzou (2001) ; Tambourin (2007).

problèmes de différentes natures. Tout d'abord, la mise en place des procédés rendant possibles les manipulations génétiques était avant tout un défi technique. Morange décrit ainsi les développements expérimentaux ayant présidé à la « mise en place de la technologie du génie génétique » : recherche d'enzymes de restrictions, techniques de séquençage de l'ADN, méthodes empiriques de transfection... Tous ces outils, qui sont aujourd'hui au cœur des pratiques de recherche en biologie, sont le fruit d'un développement programmatique visant à répondre aux défis posés par la manipulation des génomes (p. 253-260). Ces recherches avaient donc pour objectif de mettre au point de nouvelles méthodes, ou d'améliorer les méthodes existantes ; elles étaient connectées à des pratiques variées, définies par des objets de recherche spécifiques. Ainsi, la technique du « clonage », permettant d'amplifier une séquence particulière d'ADN en l'intégrant au génome bactérien, a été proposée par Hogness. Ce dernier « désirait isoler des gènes dont l'analyse génétique antérieure avait montré l'importance pour le développement de la *Drosophile* ». Il a donc constitué la première « banque génomique », sous la forme de colonies de bactéries portant chacune un fragment du génome étudié (Wensink *et al.*, 1974). Travaillant sur un système différent (le gène de la β -globine), Maniatis a ensuite pu utiliser ces banques génomiques pour isoler un gène spécifique (Maniatis, 1978). Finalement, la mise en place des techniques du génie génétique s'est concrétisée dans la publication d'un *Manuel de laboratoire du clonage moléculaire* (Maniatis, 1982), résumant l'ensemble des « recettes » utilisables en laboratoire, selon l'expression significative de Morange (1994) (p. 260).

À ce défi technique, constituant le premier niveau de la pratique scientifique, il faut adjoindre un niveau de théorisation, d'une part, et la présence de problèmes exogènes, d'autre part. Ainsi, l'étude de la structure des génomes eucaryotes est un enjeu majeur du développement des méthodes du génie génétique. Leur mise en pratique quotidienne ont ainsi immensément contribué aux progrès des savoirs en biologie. Comme le note Morange, « ce qui transforma le plus profondément la biologie moléculaire [fut] la simple pratique du génie génétique, l'isolement des gènes et le décodage de leur séquence¹⁴⁵ » (p. 260). Cette pratique du génie génétique a été largement influencée, comme nous l'avons noté, par la production de protéines humaines menée au sein de compagnies pharmaceutiques et par la création d'organismes OGM. Ces objectifs ont sans aucun doute constitué un déterminant fort des progrès du génie génétique. On retrouve donc ici un schéma familier, où diffé-

¹⁴⁵De nombreux exemples sont développés par Morange pour justifier cette affirmation, dont le découverte de la structure « en mosaïque » des gènes eucaryotes (p. 266-280) et celle des oncogènes (p. 287-304).

rentes dimensions de la situation, incluant des dimensions intra- et extra-scientifiques, deviennent fortement interdépendants et contribuent ensemble à déterminer les problèmes authentiques à résoudre. Il faut ajouter à ce tableau la perméabilité d'autres domaines de la biologie aux méthodes, aux concepts et aux résultats du génie génétique. Ce dernier a participé au développement d'autres secteurs des sciences du vivant, notamment la biologie cellulaire, à travers l'étude de la régulation génétique de la prolifération et la question de l'évolution des espèces (p. 274). Plus généralement, pour Morange, le génie génétique a profondément modifié la biologie moléculaire, en conditionnant sa « métamorphose de science d'observation en science d'intervention, d'action » (p. 284). Par cette expression, il entend mettre en valeur la dimension technique de *manipulation* devenant centrale dans la pratique quotidienne de la recherche. La modification du génome par mutagenèse dirigée, la création de plantes et d'animaux transgéniques, sont utilisées aussi bien à des fins cognitives (étude de la nature et de la fonction des voies moléculaires régulant la vie cellulaire) qu'utilitaires. On assiste donc, avec la naissance des biotechnologies, à une forte complexification de la situation (au sens de Dewey, renouvelée par la notion de « système de pratique »), qui voient de nouveaux liens se créer entre différents types de pratiques internes et externes au champ scientifique.

Cette dernière remarque est d'importance, car elle suggère toute la richesse des liens qu'entretiennent les différents types d'objectifs poursuivis dans le cadre du développement du génie génétique et des biotechnologies. Il serait par exemple sans doute inadapté, dans ce cas, de considérer que les recherches inspirées par des problèmes exogènes, telles que celles menées dans les firmes de biotechnologie, sont une simple application de connaissances acquises par un champ scientifique qui leur serait radicalement hétérogène, comme le soutient Raynaud (2016). Ce dernier insiste ainsi sur les liens mettant le génie génétique sous la dépendance des « savoirs de génétique et biologie moléculaire » (p. 80). Il prend ainsi comme exemples paradigmatiques des recherches menées « dans le secteur des biotechnologies » le cas de « l'insertion d'un gène (par exemple, celui de la toxine Bt) d'un organisme source (*Bacillus thuringiensis*) dans un organisme cible (le maïs) en vue de satisfaire une utilité (sa résistance à la pyrale du maïs) », ou celui de l'insertion, par l'équipe de Bishop, du « gène codant la toxine AaIT du scorpion *Androctonus australis* dans le génome d'un baculovirus (NPV) pour fabriquer un pesticide ». Il cite également le cas du « transgène de l'abumine 2S de la noix de Pará *Bertholletia excelsa* dans le soja de *Pioneer Hi-Breed* (allergisant) » et celui de la « pomme de terre contenant le transgène GFP de la méduse *Aequorea victoria* (bioluminescente) » (p. 80). Cette sélection lui permet de proposer une distinction entre les connaissances offertes par

la biologie fondamentale et leurs applications hasardeuses dans le cadre du génie génétique et des biotechnologies qui en découlent :

Sous l'angle épistémologique, il convient de distinguer les connaissances de génétique et de biologie moléculaire qui qualifient la transgénèse comme technologie et les essais empiriques de transgénèse effectués à partir d'êtres vivants donnés. La sélection d'un gène de scorpion, de noix de Pará ou de méduse tire sa raison d'être d'une simple observation : le scorpion jaune d'Afrique du Nord est venimeux, la noix de Pará est allergisante, la méduse de la côte ouest des États-Unis est luminescente. Ces essais empiriques dérivent de connaissances ordinaires (Raynaud, 2016, p. 80).

La science que Raynaud qualifie de fondamentale, représentée ici par la génétique et la biologie moléculaire, est vue comme offrant un cadre théorique permettant de penser la possibilité de la transgénèse. Elle s'oppose à la mise en œuvre de cette dernière dans le cadre de la technologie, qui couplerait maladroitement ces connaissances scientifiques à des connaissances « ordinaires » pour manipuler le vivant à des fins pratiques. Ces manipulations sont alors assimilées à du bricolage :

Les manipulations [de la transgénèse] reposent sur des connaissances lacunaires et pourtant cruciales pour la maîtrise du processus (réussite de l'insertion du gène, expression du gène, viabilité de l'organisme). Ces lacunes justifient les avis de certains acteurs : « si l'on regarde ce qui se passe dans les laboratoires, cette technique, pour spectaculaire qu'elle soit, relève plus du bricolage que d'un procédé maîtrisé et reproductible (...). Le génie génétique est un bricolage sophistiqué. Mais c'est un bricolage aléatoire ». Les avis selon lesquels les manipulations relèvent de l'« artisanat » ou du « bricolage du vivant » (Philippe Kourilsky) sont assez nombreux pour interroger le rapport entre connaissance et pratique (Raynaud, 2016, p. 80).

Raynaud oppose ainsi explicitement la « connaissance » scientifique à la « pratique » du génie génétique. En faisant du second une simple application « artisanale » de savoirs encore lacunaires, il entend établir une hiérarchie épistémique entre ces deux types de recherche. Il nous semble que plusieurs registres de critiques peuvent être formulées à l'encontre d'une distinction trop rigide de ce type, à la lumière des analyses précédentes.

En premier lieu, il apparaît que le développement des techniques du génie génétique (découpage, collage, dégradation, réparation, transfert de l'ADN d'un organisme à l'autre), l'étude de la structure des gènes et de liens de parenté entre espèces, leur isolement dans le but de faire produire la protéine correspondante à des bactéries, la création d'organismes génétiquement modifiés, ont contribué et contribuent toujours à bâtir un ensemble commun de savoirs, de concepts et de méthodes orientant les sciences biologiques les plus fondamentales. Des chercheurs comme Boyer

ont ainsi participé tout aussi bien à la mise en place des premières techniques de clonage, dans la perspective d'étudier « l'organisation et la fonction des génomes eucaryotes » (Morrow *et al.*, 1974, p. 1747) et à la production de la première somatostatine par des bactéries (Itakura *et al.*, 1977) à des fins médico-commerciales. Le couplage technique et conceptuel entre les questions cognitives (portant, par exemple, sur la structure des gènes), les défis techniques (trouver de nouvelles enzymes de restriction, mettre au point des techniques de recombinaison et de transfection) et les enjeux utilitaires exogènes (isoler un gène pour faire synthétiser à une bactérie une protéine d'intérêt thérapeutique) est si étroit que toute hiérarchisation épistémique de ces différentes activités de recherche offre une vision faussée de leurs interactions. Comment alors, dans ce cadre, faire clairement le départ entre une science fondamentale et une science appliquée ?

Un exemple plus récent permet d'illustrer la complexité des dynamiques à l'œuvre : la découverte des ARNi. Nous avons développé ce cas d'étude dans le chapitre V (p. 228) et montré comment les manipulations génétiques menées dans un but commercial avaient participé à l'élucidation du phénomène d'interférence à ARN en mettant en évidence le phénomène de co-suppression chez les végétaux. D'une part, comme nous l'avons souligné, le désir de produire des plantes transgéniques a ainsi participé à la collecte et au traitement d'observations importantes d'un point de vue épistémique. D'autre part, il ne serait pas légitime de décrire, avec Raynaud, les tentatives de modification de la couleur des pétales de pétunia comme du « bricolage » technique, opposé aux « connaissances » de la biologie moléculaire et de la génétique. Comme nous l'avons montré, les expériences réalisées dans le cadre de la science la plus fondamentale pour étudier l'interférence à ARN relevaient tout autant d'une « science d'intervention », pour reprendre les termes de Morange. Il s'agissait notamment de faire exprimer à un type cellulaire C un gène G et un fragment de l'anti-sens correspondant *anti-G*, en utilisant différents objets biologiques et les différentes techniques disponibles en génie génétique.

De manière plus générale, cette interdépendance entre les avancées des connaissances fondamentales et le développement des techniques de manipulation génétique est une caractéristique générale de la biologie moléculaire contemporaine. Ainsi, dans l'état des lieux que propose Burian (2007) de la recherche dans ce domaine (en particulier, pour étudier les phénomènes de régulation génétique par les ARN), ce dernier souligne l'importance du développement des « technologies moléculaires et cellulaires » (p. 289), des techniques de séquençage de l'ADN (p. 291), des méthodes de « la génomique et de la protéomique » (p. 289) pour rendre possible la « recherche exploratoire » en biologie

moléculaire – et notamment la recherche sur les mécanismes d’interférences à ARN. Tous ces outils sont intensivement utilisés et développés, à la fois dans le cadre de la biologie dite « fondamentale » et dans un contexte d’application – par exemple, dans les biotechnologies. Ces différents espaces de recherche contribuent ensemble à la connaissance des réseaux de régulation biologique :

Les énormes dispositifs expérimentaux et computationnels des biotechnologies, de la génomique, de la protéomique, etc. fournissent une large connaissance du détail des cascades moléculaires complexes conduisant les réponses cellulaires à des signaux locaux (...). De telles découvertes poussent les scientifiques à déployer une instrumentation de pointe, des théories « locales » et des outils computationnels afin de suivre ces réponses (Burian, 2007, p. 307).

Autrement dit, le déploiement des concepts et méthodes de la biologie moléculaire vers différents types d’objets ne peut être conçu comme la simple utilisation, dans des cas précis, d’un savoir fondamental construit pour lui-même. Le cas des biotechnologies exemplifie ainsi de manière particulièrement frappante l’idée d’un enchâssement des pratiques et d’une superposition des objectifs poursuivis. Le niveau le plus technique de l’activité scientifique y est connecté à des problèmes théoriques : comme l’a montré Waters (2008a), la génétique moléculaire s’est développée car elle fournissait de nouveaux outils pour répondre à des problèmes anciens (les mécanismes de l’hérédité, la transmission des caractères) ou à des questions qu’elle générait elle-même. Le phénomène de l’interférence à ARN constitue un bon exemple de cette dynamique : les principes de base de la biologie moléculaire (comme cadre conceptuel), associés à la nécessité de manipuler l’expression des gènes, ont conduit à faire l’hypothèse d’une possible régulation génétique par de petits ARN. Dans ce cadre, les différentes pratiques internes à la sphère scientifique étaient donc étroitement connectées dans la définition des problèmes (authentiques) à traiter. Mais comme nous l’avons vu, des problèmes exogènes sont également venus nourrir ces pratiques : la volonté de créer des plantes transgéniques a conduit à mettre en évidence des occurrences naturelles de l’interférence à ARN. L’étude des mécanismes à l’œuvre est donc devenu un projet pertinent à différents niveaux : amélioration de protocoles rendant possibles la régulation expérimentale de l’expression des gènes, étude des mécanismes naturels de cette régulation et développement de plantes OGM.

Un point important est que si ces problèmes exogènes ont joué un rôle épistémiquement positif, c’est que la logique interne de l’enquête a eu toute liberté pour se déployer : Napoli et Jorgensen n’ont pas abandonné leur projet initial après avoir été confrontés à l’échec de leur tentative. Ils ont problématisé l’indétermination qu’ils avaient identifiée et cherché à la surmonter. Ce faisant, ils ont fait émerger un problème *endogène*, dont les connexions avec d’autres pratiques internes au champ

scientifique ont été mises en évidence et exploitées. Comme nous l'avons noté dans le chapitre V, les expériences de Jorgensen et Napoli ont permis un renouvellement des pratiques : de nouveaux problèmes ont été posés, modifiant les modalités de l'étude expérimentale du phénomène d'interférence à ARN et l'appréhension théorique du phénomène. Cette dynamique a conduit à une meilleure connaissance des mécanismes de la régulation par les ARNi.

De ses origines à ses déploiements contemporains, la biologie moléculaire, en tant qu'ensemble de méthodes et de concepts permettant l'analyse du monde vivant, a donc été le résultat de l'interaction complexe de problèmes endogènes, émergeant des différents niveaux de la pratique scientifique et exogènes, identifiés à l'extérieur du champ scientifique. Les études de cas que nous avons présentées ont permis d'illustrer les modalités possibles de ces interactions. Cependant, notre survol historique nous a conduit à considérer des épisodes espacés dans le temps. En particulier, les cas étudiés s'inscrivent chacun dans des moments particuliers du déploiement de la biologie moléculaire, correspondant à des degrés distincts de maturité conceptuelle de cette discipline. La question qui se pose immédiatement est donc celle de savoir s'il est possible de discerner une logique dans l'évolution temporelle de ces relations entre problèmes endogènes et exogènes. Cette interrogation trouve notamment son sens dans la *finalization thesis*, proposée par Böhme *et al.* (1983) pour trouver une structure générale décrivant l'« orientation sociale des progrès scientifiques » au cours de la maturation d'une discipline académique donnée. La section suivante a pour objectif d'examiner la pertinence des thèses du groupe de Starnberg à partir du cas de la biologie moléculaire.

VII.2 Problèmes exogènes, endogènes et dynamique de la science : retour sur la *finalization thesis*

Le contenu de la *finalization thesis* a été présenté dans le chapitre I. Nous ne reviendrons donc pas dessus en détail, mais un petit rappel de ses éléments centraux est sans doute utile. Le développement, l'institutionnalisation d'une discipline ou d'une spécialité académique y est décrite comme suivant un processus ternaire. Sa première étape est marquée par l'identification de problèmes à traiter, qu'ils soient purement théoriques ou inspirés par le souci de l'utile. Des modèles hétérogènes se développent alors pour expliquer, ou maîtriser les phénomènes et processus en question. C'est la phase « pré-paradigmatique », autorisant un mélange constant entre des questions cognitives et des questions que Böhme *et al.* (1976) qualifient de « pratiques » (c'est-à-dire ayant une dimension explicite d'utilité sociale ou économique). Suit une phase « paradigmatique », où les bases théoriques de la discipline sont élaborées en comparant et synthétisant les différents modèles locaux proposés.

Cette étape, proprement interne au champ scientifique, permet de formuler un cadre théorique ou conceptuel se voulant général. Enfin, une fois établi, ce dernier est déployé dans de multiples directions, pour répondre à des problèmes définis comme cognitifs ou utilitaires. Les sociologues du groupe de Starnberg différentient alors la « théorie fondamentale » et les « théories spécialisées » qui en découlent. Le point central de leur argumentaire consiste à souligner que les théories spécialisées, adaptées à des cas précis, ne sont pas de simples *applications* de la théorie fondamentale, mais la prolongent, l'affinent, la précisent. En cela, elles possèdent une véritable valeur épistémique. Pour illustrer cette idée, les auteurs mobilisent notamment l'exemple des équations de Navier-Stokes (Böhme *et al.*, 1983, p. 53). Ces dernières n'ayant pas de solutions exactes dans le cas général, elles sont développées et adaptées dans des situations singulières. En particulier, les scientifiques leurs adjoignent des approximations *ad hoc* et des conditions aux limites, qui les rendent applicables pour l'étude d'objets particuliers. Il s'agit donc, pour Böhme *et al.*, de montrer comment des lois générales sont appliquées sous la forme de modèles spécifiques. Ces derniers ne sont pas le fruit d'une recherche théorique, menée dans la tour d'ivoire d'une science dédiée au seul progrès des connaissances : ils naissent de la prise en compte de problèmes particuliers et peuvent donc être guidés par le souci de l'utile. En outre, comme nous l'avons détaillé dans le premier chapitre, le développement de ces « théories spécialisées » contribue à améliorer les connaissances fondamentales (la théorie générale). Böhme *et al.* notent ainsi que l'application des équations de Naviers-Stokes dans divers contextes rhéologiques a révélé que « l'hydrodynamique classique contenait une hypothèse qui caractérisait en fait un certain type de fluides », décrits aujourd'hui comme fluides newtoniens (Böhme *et al.*, 1983, p. 75). Plus généralement, ils rapportent l'existence, au début du XX^e siècle, d'un « stock de problèmes pratiques (...), tels que ceux posés par l'ingénierie hydraulique, la construction de vaisseaux, ou encore la balistique » (p. 81), dont la résolution impliquait d'utiliser les lois générales de l'hydrodynamique dans des cas particuliers. Ils décrivent en particulier le cas de la théorie des couches limites. Selon les auteurs, l'étude par Prandtl des « écoulement à proximité des interfaces » était motivé par « les problèmes qu'il rencontrait en tant qu'ingénieur » (p. 81). En particulier, ils insistent sur l'importance du développement de l'aéronautique comme moteur de ces progrès. Introduit en 1904, le concept de couche limite a ainsi été développé pour décrire la dynamique des écoulements à faible viscosité à la proximité des interfaces, sur la base des équations d'Euler. Ce concept a été une innovation théorique dans le champ de l'hydrodynamique, puisqu'il a permis de décrire un objet précédemment inconnu, qui existe réellement dans la nature (p. 78). Les auteurs donnent également l'exemple de la première théorie de l'aérodynamisme (*aerofoil theory*) au début

du XX^e siècle, expliquant les écoulements le long des ailes d'avion. Ils notent que cela a conduit à rendre plus claire la théorie des couches limites, en décrivant la dynamique des vortex sur les surfaces (p. 80). La présence d'objectifs pratiques a donc conduit à l'identification et à la description de nouveaux phénomènes naturels dont l'existence n'était pas directement déductible des équations générales.

De manière intéressante, les travaux de Carrier sur les caractéristiques épistémiques de la science orientée par l'usage (présentés dans le chapitre V) présentent une parenté évidente avec les positions défendues par les sociologues de Starnberg¹⁴⁶. Ainsi, l'opposition entre « modèles locaux » et « lois générales » mobilisée par Carrier (2010) (p. 5) recouvre bien la distinction proposée dans Böhme *et al.* (1976) entre théorie fondamentale et théorie spécialisée. Chez Carrier comme chez Böhme *et al.*, ces modèles locaux, ou ces théories spécialisées, sont capables de « jouer un rôle épistémique » (Carrier, 2004b, p. 13), en « comblant le fossé entre les principes théoriques et les observations » (*Ibid.*, p. 9). Pour illustrer cette idée, Carrier développe l'exemple des lois de la mécanique des fluides (*Ibid.*, p. 10), dans le même esprit que Böhme *et al.* (1983). Rappelons que Carrier entend montrer qu'une science menée en contexte d'application aura tendance à développer de tels modèles locaux, alors qu'une science fondamentale chercherait à formuler des théories générales.

Il nous semble que les analyses menées dans la partie 2 et les données historiques présentées dans ce chapitre, peuvent nous permettre de nuancer quelque peu les arguments présentés par le groupe de Starnberg d'une part et par Carrier de l'autre. Notons tout d'abord que ce dernier associe le caractère « local » des modèles développés à la présence d'enjeux utilitaires. Réciproquement, il suppose qu'une science ne traitant que de problèmes qu'il qualifie de « cognitifs » tend à chercher la généralité. Or, nous avons suggéré dans la partie 2, en nous appuyant sur les travaux de Waters, que ce type de raisonnement participait d'une conception *fondamentaliste* de la dynamique des sciences. En se penchant sur la pratique scientifique elle-même, il apparaît qu'une recherche ayant pour objet un problème éloigné de tout enjeu utilitaire peut développer des théories tout à fait locales, c'est-à-dire, ne s'appliquant qu'à un nombre limité de situations. Les travaux de Morgan sur la transmission génétique l'ont conduit à formuler des résultats valables pour un organisme précis (la Drosophile) et

¹⁴⁶Parenté que, curieusement, Carrier ne revendique pas. Ce dernier ne se réfère même pas aux travaux de Böhme *et al.*, qui auraient pourtant pu contribuer à clarifier son propos.

dans des conditions expérimentales bien déterminées (Waters, 2008b). Plus précisément, nous avons proposé de considérer plusieurs niveaux de pratiques scientifiques, depuis les aspects les plus techniques des « bricolages » expérimentaux jusqu'aux réflexions sur la nature des cadres conceptuels guidant la recherche. Le point important est que les problèmes exogènes, émanant de l'extérieure du champ scientifique, sont susceptibles d'interférer avec l'*ensemble* de ces pratiques. Les exemples que nous avons développés vont tous dans ce sens. Ainsi, les travaux de Beadle et Tatum se sont-ils appuyés sur l'intérêt croissant, dans la médecine et l'industrie, pour les vitamines, afin de bâtir une théorie générale décrivant le lien entre les gènes et les enzymes. De même, les recherches visant à générer des plantes OGM ont posé des problèmes qui ont immédiatement guidé l'élaboration d'une théorie générale du phénomène d'interférence à ARN. Spillman, en cherchant à mettre au point des races de blés résistants, a (re)découvert les lois de Mendel. Réciproquement, les travaux d'Avery ou de Rosalind Franklin sont caractérisés par leur faible intérêt pour la recherche de théories explicatives des phénomènes mis au jour. Finalement, s'il existe effectivement des recherche plus ou moins « locales », nous ne voyons pas de raisons suffisantes pour corrélérer les propriétés de localité ou de généralité au degré de proximité avec des enjeux utilitaires. Nous rejoignons ici la conclusion du chapitre précédent, invitant à considérer, plutôt que l'opposition cognitif/pratique, l'antagonisme endogène/exogène. Rappelons que dans cette perspective, on considère comme endogène un problème identifié dans le cours d'une recherche utilisant les normes et méthodes associées à la science (que celle-ci soit inspirée ou non par des considérations utilitaires) et exogène un problème ou un enjeu formulé dans une pratique extérieure à tout processus de recherche scientifique, typiquement, au sein des sphères sociales, économiques, politiques.

Nous retrouvons, dans la *finalization thesis*, l'assimilation entre endogène (ou interne) et cognitif que nous avons critiquée dans le chapitre précédent. Ces travaux présentent cependant le mérite de proposer une description fine de la manière dont des enjeux utilitaires permettent de soulever des problèmes endogènes. Ainsi, pour Böhme *et al.*, dans la phase post-paradigmatique, la nature des objets sur lesquels la théorie fondamentale vient se spécialiser n'a pas en elle-même d'importance. L'étude de la dynamique de l'écoulement autour des ailes d'avion peut être tout aussi féconde épistémiquement que l'élaboration d'un modèle décrivant les mouvements fluides au sein des planètes gazeuses. Böhme *et al.* (1976, 1983) met ainsi en avant l'intérêt épistémique que présente l'intégration au sein d'un processus de recherche de problèmes formulés hors du champ scientifique. Cette intégration est rendue possible, dans la phase post-paradigmatique, par le fait que la théorie

fondamentale est conçue comme un cadre conceptuel vide nécessitant d'être appliqué à des objets singuliers pour apporter de véritables connaissances sur le monde naturel. Deux questions se posent alors : ce modèle décrit-il correctement les interactions entre problèmes endogènes et exogènes au cours de l'histoire de la biologie moléculaire ? L'évolution ternaire des relations entre l'intérieur et l'extérieur du champ scientifique est-elle valable dans ce cas ?

Notons tout d'abord qu'à première vue, la description que nous avons faite des développements contemporains de la biologie moléculaire (notamment, à travers le génie génétique et les biotechnologies) semble s'accorder au modèle de science « post-paradigmatique » proposé par Böhme *et al.* En tant qu'ensemble de méthodes et de concepts, pour reprendre la définition qu'en donne Morange, la biologie moléculaire demande à être appliquée à divers objets (liés ou non à un souci de l'utile), dont l'étude apporte des connaissances fondamentales sur la nature des processus biologiques. Réciproquement, ce déploiement local permet d'affiner et de préciser le cadre théorique mobilisé. Ainsi, il est fréquent aujourd'hui de noter que la découverte des ARNi a participé d'un changement de perspective sur la notion d'information génétique, mettant en avant le rôle des ARN : le génome passe du statut de « machine à produire des protéines » à celui de « machine à produire des ARN » (Thery, 2013, p. 3). Or, nous avons vu le rôle joué par les problèmes exogènes dans l'élucidation des mécanismes de la régulation génétique par les ARN.

Cependant, le modèle proposé par la *finalization thesis* pour décrire la dynamique à l'œuvre dans la phase post-paradigmatique est centré sur l'activité de théorisation. La prise en compte de problèmes exogènes est épistémiquement positive car elle permet directement de prolonger, d'affiner la théorie fondamentale. Ce faisant, cette thèse simplifie le rôle joué par ces problèmes exogènes, qui interviennent à différents niveaux de la pratique scientifique. Nous avons ainsi pu décrire les racines exogènes motivant le développement des techniques du génie génétique, techniques qui révolutionnent régulièrement les pratiques expérimentales communément mobilisées dans les laboratoires. Ainsi, outre un apport direct de connaissances fondamentales *via* le mécanisme décrit par Böhme *et al.*, les enjeux externes au champ scientifique jouent un rôle épistémique plus indirect, en modifiant les méthodes et techniques à disposition des scientifiques.

Prenons maintenant un peu de distance, afin de considérer de manière plus globale l'évolution historique de la biologie moléculaire. Répond-t-elle au modèle ternaire proposé par la *finalization thesis* ? Il nous semble que les études de cas présentées dans ce chapitre donnent à voir un schéma

temporel d'interactions entre problèmes endogènes et exogènes plus erratique que celui formalisé par les sociologues de Starnberg. Les développements de la biochimie, de la génétique, puis de la biologie moléculaire ne se laissent pas capturer par un tel modèle simple, homogène, reproductible. Nous n'avons pas pu, en particulier, repérer de phases où dominent nettement les problèmes endogènes ou exogènes dans le guidage de la recherche. Bien au contraire, nous avons mis en évidence l'intégration *constitutive* et continue de problèmes exogènes au sein du champ scientifique. Nous avons en outre montré, en mobilisant notre conception de la situation comme systèmes de pratique, que cette intégration avait cours au sein des différents niveaux de la pratique scientifique, du plus technique au plus théorique. Plus précisément, c'est l'interconnexion des pratiques (internes et externes au champ scientifique) qui définit, comme le prévoit notre modèle pragmatiste de la dynamique des sciences, la pertinence et la forme prise par un projet de recherche donné. Par exemple, les travaux de Beadle et Tatum sur *Neurospora* se trouvaient à la convergence des problèmes liés à la nutrition et aux vitamines et d'interrogations endogènes (soulevés par un retour critique sur l'ensemble des connaissances construites par la biochimie et la génétique) sur la nature physico-chimique des gènes. Le type de projet mené a été simultanément défini par ces deux catégories de problèmes : si les expériences ont été conçues dans le but de déterminer les liens entre gènes et enzymes, la forme qu'elles ont prises, passant par l'isolement de mutants métaboliques, a très clairement une racine exogène. Nous avons donc, dans ce cas, un exemple d'interdépendance entre un grand nombre d'objectifs distincts : la mise au point de protocoles expérimentaux impliquant *Neurospora*, organisme modèle des travaux en génétique, une réflexion générale sur les liens entre génétique et biochimie, la question de l'origine biologique des enzymes, l'élaboration d'une technique de dosage des vitamines en contexte industriel. Les nombreux exemples développés dans ce chapitre manifestent chacun une dynamique d'interaction spécifique entre différents types de problèmes. Il serait sans doute abusif de chercher une évolution cohérente du schéma de ces interactions avec la maturation des disciplines, tant les formes qu'elles prennent semblent toujours singulières. Nous verrons, dans la partie 4, quelles conséquences nous pouvons tirer de cette remarque dans notre recherche de conditions de pilotage de la science susceptibles d'optimiser sa fécondité épistémique.

Au terme de ce retour critique sur la *finalization thesis*, une question se pose : les limites de ce modèle, telles que nous avons pu les mettre évidence, sont-elles propres au cas de la biologie ? Peut-être, après tout, que ces travaux restent pleinement pertinents pour décrire les interactions entre problèmes endogènes et problèmes exogènes dans les disciplines relevant de la physique. Cette idée

serait en phase avec les mises en garde exposées dans le deuxième chapitre : il n'y a pas de raison que les débats sur l'autonomie se présentent de la même manière pour tous les objets d'étude. Pour tester la pertinence de cette remarque, il faudrait reprendre et actualiser les analyses développées par Böhme *et al.* autour des exemples tirés de l'histoire de la physique. Une telle démarche sortirait largement du cadre de notre étude. Cependant, nous proposons ici une hypothèse visant à généraliser les résultats obtenus dans ce chapitre : la *complexité* des objets étudiés joue un rôle dans les formes prises par les interactions entre problèmes endogènes et exogènes. Plus précisément, la présence d'une diversité de mécanismes causaux sous-jacents à un phénomène rend caduque, ou du moins trop simpliste, un modèle mettant en avant une alternance nette de phases à dominance endogènes ou exogènes. Dans cette perspective, la complexité notoire des objets biologiques (Mitchell, 2003) serait à prendre en compte pour penser l'influence épistémique des contraintes externes sur le guidage de la recherche. Nous explorons cette hypothèse dans le chapitre suivant (chapitre VIII). Avant cela, dressons un court bilan des acquis de ce chapitre.

VII.3 Conclusion : problèmes exogènes et production des connaissances

Ce chapitre avait pour objectif de caractériser les modalités et le rôle épistémique des interactions entre problèmes endogènes et exogènes, dans différents cas tirés de l'histoire de la génétique, de la biochimie et de la biologie moléculaire. Les exemples analysés nous ont tout d'abord permis d'illustrer et de conforter le modèle de la dynamique de la science proposé dans la partie 2. D'une part, nous avons donné une interprétation pragmatiste à la notion de découverte « post-mature », abondamment utilisée par Morange pour rendre compte de configurations historiques jugées surprenantes, où des découvertes sont faites plus tard qu'elles « auraient dû » l'être. Le manque de curiosité dont semblent alors faire preuve les scientifiques s'explique parfaitement dès lors que l'on s'éloigne d'un modèle de la dynamique de la science mettant en avant l'exploration de l'inconnu. D'autre part, nous avons montré comment l'idée d'une situation constituée par différents niveaux de pratiques internes et externes au champ scientifique, définissant une superposition d'objectifs guidant la recherche, décrit de manière adéquate la logique à l'œuvre dans le développement de la génétique, de la biochimie et de la biologie moléculaire.

Nous avons alors pu nous pencher sur le rôle épistémique de l'intégration de problèmes exogènes dans la dynamique de la recherche. Il nous est apparu, en premier lieu, que les exemples analysés dessinaient un schéma d'interactions entre l'intérieur et l'extérieur du champ scientifique bien plus

complexe que celui proposé par la *finalization thesis*. Contre l'idée d'une succession nette de phases à dominance endogène ou exogène dans le développement des disciplines étudiées, nous montrons la diversité des interconnexions possibles entre les différentes dimensions de la situation. Aucun ordre temporel ne semble pouvoir se dégager de l'étude de ces interactions. Cependant, nous avons pu montrer de manière claire que ces dernières avaient souvent eu un rôle épistémique très positif. Précisons cette assertion.

En premier lieu, plusieurs résultats clés ayant marqué le développement de la biologie moléculaire ont été obtenus dans le cadre d'une recherche clairement connectée à des problèmes exogènes (c'est-à-dire, d'une recherche dont les résultats étaient susceptibles d'avoir une influence directe à l'extérieur du champ scientifique). C'est le cas, par exemple, de la découverte de la fermentation acellulaire par Büchner, alors que ce dernier tentait de mettre au point un protocole d'extraction de protéines à partir de bactéries pathogènes pour faciliter la mise au point de vaccins. De même, la découverte du lien entre gènes et enzymes par Beadle et Tatum a eu lieu au sein d'une recherche liée à des enjeux industriels et commerciaux. Pour citer un dernier cas, la mise au jour des co-enzymes a été rendue possible par des études agroalimentaires portant sur le rôle des vitamines.

Deuxièmement, d'un point de vue plus général, ce rôle des problèmes exogènes peut sans doute s'expliquer par le fait qu'ils tendent à enrichir les pratiques scientifiques en diversifiant les problèmes auxquelles elles tendent de répondre. En posant de nouveaux défis techniques ou théoriques au champ scientifique, ils contribuent à augmenter sa fécondité épistémique. Les analyses développées dans la partie 2 peuvent nous permettre de justifier ce point. Nous avons suggéré dans le chapitre V, avec quelques nuances, que les pratiques scientifiques tendaient à l'auto-stabilisation et cherchaient souvent à maintenir les directions qu'elles se fixaient au départ. Ce faisant, elles limitent les ré-orientations, ces dernières étant jugées pertinentes uniquement si elles permettent de surmonter un obstacle freinant leur déploiement. Dans ce cadre, la prise en compte de problèmes exogènes pousse la logique de l'enquête à sortir de ce cercle auto-conservatif, en conduisant à un renouvellement des pratiques. L'exemple du phénomène d'interférence à ARN est ici intéressant : face à un programme de recherche bien installé et stabilisé, visant à reproduire en laboratoire une régulation génétique par des ARNi, les recherches visant à créer des plantes OGM ont imposé un nouvel objet d'étude au champ scientifique – la co-suppression. Cette remarque généralise et conforte l'argument de Böhme *et al.* soulignant le rôle épistémique positif de la diversification des directions d'investigation permise par l'application d'un cadre théorique général à des situations spécifiques.

Ce que nous suggérons ici, c'est que si la diversité apportée par la prise en compte de problèmes exogènes augmente la fécondité épistémique du champ scientifique, c'est que ce dernier est *essentiellement conservateur*. De par ce conservatisme, le champ scientifique ne peut que bénéficier du renouvellement de ses pratiques (de ses objets d'études, des questions qu'il se pose, des techniques qu'il déploie) favorisé par l'intégration de problèmes exogènes. Les contraintes externes exercées sur le champ scientifique peuvent ainsi être vues (sous certaines conditions que nous chercherons à préciser dans la partie 4) comme un outil contrant sa tendance naturelle à limiter l'ouverture de nouvelles pistes de recherche, *et ce au sein des différents niveaux de la pratique scientifique*. En posant des questions, des problèmes nouveaux, ces contraintes externes sont susceptibles de stimuler autant la mise au point de techniques expérimentales (Beadle et les mutants métaboliques), que la formulation de théories novatrices (Spillman et les lois de l'hérédité). Nous tenterons, dans la partie 4, de nous appuyer sur cette idée pour proposer des conditions de pilotage de la science favorisant sa fécondité épistémique.

Pour finir, un point important mérite ici d'être soulevé. Ce caractère épistémiquement positif de l'intégration de problèmes exogènes est étroitement lié au fait que ces derniers sont, justement, proprement *intégrés* à la dynamique de la recherche. Notre hypothèse, à ce stade, est que la possibilité de cette intégration est dépendante de l'existence d'un certain degré de liberté scientifique, rendant possible le déploiement de la logique interne de l'enquête. De cette liberté découle la capacité à identifier et à problématiser les indéterminations émergeant de recherches clairement connectées à des enjeux externes. Si, par exemple, les travaux de Napoli et Jorgensen avaient été immédiatement abandonnés après l'échec de leur première tentative, l'impact épistémique de leur recherche aurait été nul. C'est parce que les auteurs ont pu problématiser le résultat surprenant obtenu que ce dernier a pu être connecté aux autres pratiques en cours dans le champ scientifique – l'étude expérimentale de l'interférence à ARN. En conséquence, il est sans doute important de laisser, *quelque soit l'objectif, ou le réseau d'objectifs, guidant la recherche*, un espace permettant l'identification de problèmes endogènes (surgissant dans le cours d'une enquête). Cette remarque aura son importance lorsque nous tenterons de préciser les conditions de l'allocation des ressources au sein du champ scientifique.

CHAPITRE VIII

COMPLEXITÉ ET INTERACTIONS ENTRE PROBLÈMES ENDOGÈNES ET EXOGÈNES : DEUX ÉTUDES DE CAS

VIII.1 Introduction

Dans son ouvrage intitulé *Unsimple Truths : Science, Complexity and Policy*, Mitchell (2009) part du constat suivant : la science contemporaine se trouve confrontée à des objets d'un genre nouveau, combinant une *complexité* ontologique et de forts enjeux sociétaux. Elle cite ainsi, au cours de son argumentaire, les sciences du climat, le développement biologique, le fonctionnement du cerveau. Pour Mitchell, deux caractéristiques semblent autoriser à qualifier ces objets (le climat, les cellules vivantes, les organismes, le cerveau) de *complexes*. D'une part, les modifications qui les affectent et qui constituent pour nous des phénomènes à étudier (le réchauffement climatique, la tumorigenèse, les pathologies mentales), sont sous-tendues par une « diversité de structures causales ». Autrement dit, une multitude de chemins causaux sont susceptibles de déterminer leur comportement. D'autre part, ils mettent en échec un certain *réductionnisme* et rendent souvent nécessaires l'adoption d'approches « multi-niveaux » (p. 2). Cette question des niveaux d'organisation est mise en relation avec l'existence d'effets de rétroactions causales (p. 3) et rejoint ainsi le thème de la « causalité descendante¹⁴⁷ ». La présence (réelle ou apparente) de ce type de relations causales est ainsi une caractéristique centrale des objets complexes, tels que les considère Mitchell.

Pour cette dernière, la connaissance que l'on peut en obtenir diffère radicalement du modèle qu'elle considère comme traditionnel en philosophie des sciences, mettant l'accent sur « les expérimentation contrôlées pour identifier les structures causales » et sur « la recherche d'un petit ensemble de lois fondamentales » (p. 3). Contre une description de la « connaissance fiable » comme caractérisée par « l'universalité, le déterminisme, la simplicité et l'unification » (p. 12), elle propose

¹⁴⁷On pourra par exemple se référer, sur ce sujet, à Kistler (2009).

d'adopter « une approche plus pragmatique et pluraliste de la pratique scientifique » (p. 3). Deux enjeux distincts semblent alors se dégager, au fil de son argumentaire : la « compréhension », d'une part et la « gestion » (p. 2) de ces objets complexes. C'est ici que la présence de contraintes utilitaires prend de l'importance. L'un des problèmes posés par Mitchell, qui rejoint en cela les préoccupations de Funtowicz et Ravetz (2001b)¹⁴⁸, est le suivant : « comment pouvons-nous prendre des décisions raisonnées dans un contexte d'incertitude ? » (p. 89). Pour Mitchell, répondre à cette question demande de reconsidérer nos ambitions concernant le type de connaissances que l'on peut acquérir sur ces objets et d'accepter la co-existence d'« une pluralité de vérités qui représentent, partialement et pragmatiquement, le monde » (p. 118). Cette « pluralité de vérités » peuvent être intégrées, de manière « plus local et moins global », pour bâtir des explications qui « prennent en compte la complexité » (p. 106). Ces explications sont locales, car « ciblées pragmatiquement » (*Id.*), c'est-à-dire dédiées à la résolution de problèmes spécifiques. En cela, Mitchell semble se rapprocher de la perspective que nous avons développée dans la partie 3. Cependant, les objections que nous avons faites aux travaux de Waters pourraient également s'appliquer ici : pourquoi écarter d'emblée de l'activité scientifique la recherche de lois et de modèles plus généraux ? Pourquoi la présence de contraintes liées au besoin d'*agir* sur des objets dits complexes disqualifierait-elle d'emblée la pertinence d'un projet d'unification des explications ? Il semble qu'en mettant l'accent sur la pratique scientifique comme intervention sur les phénomènes, Mitchell s'oppose à une lecture de l'activité scientifique comme théorisation. Comme Waters, en décrivant la science comme une activité de résolution de problèmes locaux, elle exclut la recherche de modèles, de lois, de théories générales ou unificatrices. Or, nous avons suggéré, dans la partie 2, qu'un pragmatisme conséquent se devait d'adopter une conception de la pratique scientifique plus large, permettant de prendre en compte tous les espaces susceptibles de voir émerger des problèmes authentiques. La question se pose donc de savoir si Mitchell est bien fidèle au pragmatisme dont elle revendique, dans sa conception de la vérité et la forme de réalisme pluraliste qu'elle adopte, l'héritage.

Outre ses enjeux épistémiques, les conséquences politiques que Mitchell tire de ses analyses posent aussi question. Cette dernière appelle en effet à promouvoir une forme de pluralité des niveaux d'explication, en motivant des recherches apportant des perspectives distinctes sur un même objet (par exemple, dans le cas de la dépression, il est important, selon Mitchell, de soutenir des

¹⁴⁸Présentées dans le chapitre II, p. 130.

projets tout à la fois en neurologie, psychologie, sociologie...). Mais il est difficile de comprendre à *quel type* d'action politique (en termes de mécanismes de financement) appelle Mitchell. S'agit-il de lutter contre d'éventuels biais dans la sélection des projets, qui favoriseraient de manière systématique certains niveaux d'explication au détriment des autres ? Ou de sélectionner activement certains projets originaux par rapport aux approches dominantes ? Mitchell n'éclaircit pas ce problème et se contente de critiquer les dangers que représenterait une hégémonie des démarches réductionnistes. Or, la promotion politique du pluralisme n'est sans doute pas une solution aussi aisée à conceptualiser et à mettre en place : quel rôle doivent jouer les scientifiques eux-mêmes dans ce processus ? Doit-on les soumettre à un certain niveau de contraintes pour lutter contre leur tendance au réductionnisme ? Et cette tendance est-elle purement intellectuelle ou se reflète-t-elle dans les pratiques ? Le réductionnisme constitue-t-il réellement un danger, un écueil à éviter ?

La nécessité d'une pensée politique de la pluralité se retrouve également sous la plume de Longino, qui défend une forme de pluralisme radical, prônant un abandon de toute idéal d'unification théorique dans l'étude des objets complexes, au bénéfice d'une diversification des types d'interventions menées dans un contexte d'application. Ce point est notamment défendu dans le cas de l'étude du comportement et de la prise en charge de ses pathologies (Longino, 2013). Cette position s'inscrit explicitement en faux contre le pluralisme intégratif de Mitchell (2002), qui suggère la possibilité d'une unification *locale* des explications, avec, comme objet d'étude privilégié, les phénomènes biologiques qu'elle qualifie de complexes.

Il faut noter que cette reconnaissance contemporaine du défi particulier que constituent les objets complexes pour penser l'interface entre la science et les sphères politiques, sociales et économiques a eu des précédents. Nous avons cité, dans le chapitre I, les travaux de Funtowicz et Ravetz (2001b), s'interrogeant sur la gestion politique de l'incertitude pour des classes de phénomènes que l'élaboration de lois générales, universelles ne permet pas d'appréhender. Comme nous l'avons noté, ces travaux ne s'intéressent cependant pas à la dimension épistémologique du problème. En particulier, il est permis de se demander comment les contraintes exogènes influencent la construction des connaissances fondamentales sur les objets complexes.

Le même intérêt pour la notion de complexité se retrouve sous la plume des auteurs de la *finalization thesis* (Böhme *et al.*, 1983). Ces derniers défendent l'idée selon laquelle la volonté de contrôle et d'action sur des objets complexes conduit à une forme particulière de finalisation, qu'ils

nomment « fonctionnalisation ». Cette démarche conduit à limiter la compréhension des mécanismes et à opter pour une analyse causale centrée sur l'intervention. Le cas paradigmatique est celui de la pharmacologie, « qui procède largement par la recherche des causes produisant certains effets spécifiques (par exemple, identifier des molécules agissant sur une certaine maladie), sans expliquer théoriquement les mécanismes sous-jacents » (Böhme *et al.*, 1976, p. 320). Les auteurs soulignent ainsi qu'il est possible de contrôler, dans une certaine mesure, un système complexe, en dehors de toute explication générale de son comportement. Mais ils vont plus loin : la démarche fonctionnaliste est particulièrement adaptée à l'étude de tels systèmes :

Il apparaît que la pensée fonctionnaliste correspond particulièrement bien aux objets complexes (...). Une démarche de réduction correspond peu aux exigences opératoires pour de tels objets (...). Sans recours au fonctionnalisme, les objets complexes ne peuvent être structurés scientifiquement (...). Une complexité croissante induit une singularisation croissante. Plus un objet est complexe, moins sa compréhension sera généralisable (Böhme *et al.*, 1976, p. 321).

Autrement dit, la présence d'enjeux pratiques, en motivant une démarche d'intervention, constitue une aubaine pour l'étude des objets complexes – la recherche de lois générales s'avérant délicate dans ce cas. Cependant, les auteurs ne disent rien du rôle épistémique de cette fonctionnalisation. En particulier, si la recherche de molécules actives se fait souvent, en pharmacologie, sans connaissance préalable des mécanismes sous-jacents, cela ne signifie pas que cette démarche n'ait aucun impact sur les connaissances fondamentales (Adam *et al.*, 2006). Ainsi, la caractérisation des mécanismes spécifiques d'interaction entre problèmes endogènes et exogènes, dans le cas des objets complexes, reste une question ouverte.

Les deux prochains chapitres ont pour objectif d'y apporter quelques éléments de réflexion. Etant donné la double dimension épistémologique et politique de notre travail, nous devons mener une analyse critique tout à la fois des positions de Mitchell et Longino sur la dynamique d'acquisition des connaissances et sur la gestion politique de la pluralité, dans des domaines se confrontant à des objets complexes et soumis à de fortes contraintes externes. Pour ce faire, nous commencerons par présenter, dans ce chapitre, deux études de cas, correspondant parfaitement au type d'objet focalisant l'attention de Longino et Mitchell : la cancérologie et la psychiatrie. Ces domaines d'études correspondent en effet à des modifications pathologiques (et donc qui présentent de forts enjeux externes au champ scientifique) d'objets complexes (dont les comportements sont déterminés par de multiples chemins causaux, ancrés dans des niveaux d'organisation distincts), que sont la cellule

vivante et le système nerveux central. Nous entendons montrer comment l'exigence du soin a fortement contribué à orienter les pratiques scientifiques en biologie cellulaire et en neurobiologie et donc la construction des connaissances fondamentales. Nous mettrons ainsi au jour des mécanismes d'intégration des problèmes exogènes au sein du champ scientifique.

Nous nous basons, pour ce faire, sur deux études de cas en biomédecine : la cancérologie et ses liens avec la biologie cellulaire et moléculaire ; et la psychiatrie et ses liens avec la neurobiologie. Notre objectif n'est pas de présenter un tableau exhaustif de la dynamique de la recherche dans ces deux domaines, mais d'identifier certains processus d'intégration entre les différents niveaux de pratiques se déployant à l'intérieur et à l'extérieur du champ scientifique. Nous montrons ainsi comment l'exigence du soin a fortement contribué à orienter les pratiques scientifiques, y compris celles dédiées à la théorisation du fonctionnement de la cellule vivante d'une part ; et du système nerveux, de l'autre. Notre objectif n'est évidemment pas de retracer une histoire complète de la cancérologie et de la psychiatrie¹⁴⁹, mais de souligner les relations entre la pratique clinique du soin, la recherche des causes des pathologies et la connaissance fondamentale de l'objet qu'elles affectent (respectivement, la cellule vivante et le système nerveux central). Nous mettons ainsi en évidence une dynamique de construction des savoirs dont ne rendent bien compte ni un modèle linéaire sommaire, ni la *finalization thesis*. Nous affinons ici les observations faites dans le chapitre précédent : il existe une perméabilité constitutive de sciences biologiques aux problèmes exogènes, à tous les niveaux de la pratique scientifique et cette perméabilité joue positivement sur la fécondité épistémique de la recherche. Nous suggérons finalement que cette dynamique spécifique peut sans doute être reliée à un critère ontologique s'appuyant sur la notion de complexité. Dans le chapitre suivant, ces données, assistées des analyses de la partie 2, nous serviront à mener l'analyse critique des conceptions (descriptives et normatives) du pluralisme proposées par Longino et Mitchell. Nous montrerons que leur pluralisme, et leur anti-réductionnisme en particulier, peuvent être qualifiés de *spéculatif* au sens (pragmatiste) que nous avons donné précédemment à ce concept, comme déconnexion vis-à-vis des problèmes authentiques soulevés par les pratiques scientifiques (voir p. 172). Les dimensions politiques de ces analyses (la recherche de conditions de pilotage permettant d'optimiser la fécondité épistémique du champ scientifique) sera abordée dans la partie 4.

¹⁴⁹Une littérature importante d'histoire des sciences permet d'en construire une vue détaillée. On pourra ainsi se référer, parmi d'autres, aux ouvrages de Pinell (1992) ; Kahn et Gisselbrecht (2007) ; Mukherjee (2010) ; Capp (2012) pour l'histoire de la cancérologie ; et à ceux de Missa (2006) ; Postel et Quetel (2012) pour celle de la psychiatrie.

VIII.2 Biologie et biomédecine

Les études de cas choisis s'inscrivent naturellement, de par la nature des objets sur lesquels ils portent, dans des débats plus généraux en philosophie de la médecine, dont nous devons dire un mot avant de débiter notre examen. La question des relations entre le clinicien et la connaissance des processus biologiques à l'œuvre dans les pathologies en est un des thèmes centraux. Selon quelles modalités le savoir fondamental est-il susceptible d'être utile aux pratiques médicales ? Réciproquement, quel est l'apport spécifique du praticien dans la construction de ces savoirs ? Ces interrogations apparaissent dès les premières pages de l'*Handbook of Philosophy of Medicine* :

Y a-t-il quelque chose qui distingue les *sciences médicales* des *sciences biologiques* et si oui, comment se reflète cette différence dans la nature des sciences médicales ? Il existe également une distinction entre les *sciences médicales* et la *pratique de la médecine* ; ainsi, peut-être certains aspects distinctifs de la médecine viennent-ils du fait qu'elle est avant tout une pratique, dont le but est l'amélioration de l'état de santé plutôt que la compréhension théorique (Gillford, 2011, p. 1, *nous soulignons*).

Ces quelques lignes résument à merveille les questions qui surgissent dès lors que l'on s'intéresse aux aspects épistémologiques des interactions entre la médecine, en tant que récipiendaire, au sein du champ scientifique, des problèmes exogènes, et les connaissances fondamentales concernant les objets biologiques (cellules, tissus, organismes, etc.). En premier lieu, l'opposition entre la pratique du soin comme colloque singulier du praticien et de son patient et une « médecine scientifique », devenue biomédecine, a une histoire longue et houleuse (Picard, 1996). Une rupture, ici, fait date : le passage, à la Renaissance, d'un art de guérir théorique et désincarné à une médecine empirique mettant l'étude du corps au centre d'une démarche ayant pour objectif « l'ordonnement des symptômes en entités pathologiques » (Pinell, 1992, p. 27). Peu à peu, cette médecine empirique définit de nouveaux objets de savoir, qu'elle décrit, classe, inventorie.

L'étape suivante est annoncée, au XIX^e siècle, par Claude Bernard, dont les fameux *Principes de médecine expérimentale* théorisent l'avènement de la médecine *expérimentale*, ou *scientifique* (Bernard, 1947). Cette dernière doit permettre de voir émerger un « empirisme scientifique (...), fondé sur un sentiment clair qui résulte d'une observation exacte et précise ». Il s'agira alors, pour la médecine, de mettre au jour les propriétés des éléments constitutifs de l'organisme et les mécanismes (« forces exécutives ») qui assurent son fonctionnement intégré, dont les modifications sont à l'origine des pathologies. Ces mécanismes, il faut donc en élucider les « déterminismes étiologiques et curatifs »,

en réalisant des « observations provoquées » (des expérimentations) guidées par des hypothèses¹⁵⁰. L'enjeu est de permettre au médecin de sortir d'un empirisme aveugle, non scientifique. « Je ne vois pas à quoi le médecin empirique peut commander dans une maladie », nous dit-il, avant d'ajouter : « il emploie des médicaments dont l'action lui est inconnue et il tâtonne sans pouvoir distinguer le plus souvent si les effets qu'il produit sont le fait de la marche de la maladie ou de son intervention » (Bernard, 1947, p. 73). Il s'agit finalement de prendre appui sur les observations cliniques pour identifier les mécanismes à l'œuvre dans le déclenchement d'une pathologie. En retour, « la théorie doit guider la pratique » (p. 36). Cependant, cette entrée de la médecine scientifique dans les pratiques cliniques resta, pendant un long moment, toute théorique. La résistance des praticiens à la médecine scientifique, pressentie par Claude Bernard, retarda, en France surtout, l'émergence de ce qui sera nommé plus tard la *biomédecine* (Picard, 1996). L'enjeu, durant la première moitié du XX^e siècle, a notamment été celui des relations entre la biologie, pourvoyeuse de connaissances scientifiques sur les pathologies et le travail du praticien. Ce terme de *biologie* recouvre, selon les époques, à la fois la physiologie expérimentale d'inspiration bernardienne, la microbiologie et les sciences naissantes que sont la biologie moléculaire (dans les années 1930) et la biologie cellulaire. Après le Seconde Guerre Mondiale, la création des CHU (Centres Hospitaliers Universitaires) puis de l'INSERM accompagnent une modification des liens entre pratique clinique et recherche médicale : c'est l'émergence de la biomédecine et de son pendant, la recherche biomédicale. La consultation des documents officiels et des textes de loi concernant l'organisation de la recherche biomédicale en France, ainsi que la description qui en est faite par l'INSERM permet d'en cerner les caractéristiques. Selon le *Document d'orientation de la recherche biomédicale* du Ministère de la Santé (2010)¹⁵¹, celle-ci concerne :

L'application des sciences naturelles, de la biologie et de la physiologie en particulier, à la médecine. Elle comprend notamment la recherche clinique, recherche appliquée à l'homme, dont la finalité est le progrès des techniques de soin.

L'INSERM précise qu'elle doit, d'une part, « se fonder sur le dernier état des connaissances scientifiques » et d'autre part, « viser à étendre la connaissance scientifique de l'être humain et

¹⁵⁰En guise d'illustration, citons ses conclusions sur le rôle du foie dans la sécrétion de glucose, obtenues par excision et lavage d'un foie animal, suivie d'une mesure de la libération des sucres ; ou encore, son expérience de stimulation nerveuse par piqûre au niveau du plancher ventriculaire, l'amenant à conclure à une origine nerveuse du diabète.

¹⁵¹<http://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/DOCORR.pdf> (consulté le 2 septembre 2018)

les moyens susceptibles d'améliorer sa condition¹⁵² ». Cette double dimension de la recherche biomédicale se retrouve dans les dispositifs légaux réglementant son rapport aux différents objets sur lesquels elle porte. On a d'abord, bien évidemment, le corps humain : c'est le versant de la recherche clinique, étroitement encadré par des protocoles précisément définis. Ces protocoles d'essai clinique sont largement diffusés auprès du grand public, sollicité pour participer aux études. Citons parmi les méthodologies abondamment utilisées aujourd'hui les Essais Cliniques Randomisés (ECR)¹⁵³. D'autre part, la législation porte aussi sur les « produits sanguins labiles, les tissus ou organes d'origine humaine ou animale et sur les préparations de thérapie cellulaire »¹⁵⁴. Enfin, la législation prévoit également l'utilisation de cellules humaines. La biomédecine a donc un large spectre d'objets d'étude, de la cellule à l'organisme. Son but est de mettre en place de nouvelles thérapies en se basant sur les avancées scientifiques les plus récentes et de les tester cliniquement. Parallèlement, cette démarche doit ainsi permettre d'étendre *la connaissance scientifique de l'être humain*. Le concept de recherche biomédicale exprime donc l'existence d'une tension entre la médecine, comme lieu d'entrée, dans le champ scientifique, de problèmes exogènes (les pathologies) et la biologie, comme ensemble de savoirs et de pratiques centrées sur l'étude du vivant, des molécules aux écosystèmes. La nature des dynamiques épistémiques unissant ces deux entités est un débat résolument contemporain en philosophie de la médecine (Thomson, 2011), débat avec lequel le problème que nous posons dans ce chapitre a partie liée. Comment l'exigence du soin se nourrit-elle et en retour, comment guide-t-elle, la construction de savoirs fondamentaux en biologie ? Les réponses qu'apportent Mitchell et Longino à cette question mettent en valeur la pluralité des représentations construites dans un tel contexte « pragmatique ». Cependant, leur réflexion est fortement guidée par des considérations ontologiques sur la nature (complexe) des objets mis en jeu (en particulier, les pathologies mentales), ce qui les amène à donner à leurs conclusions *force de loi métaphysique*. L'objectif de cette section est de nous pencher plus finement sur les modes de production des connaissances, en mettant au jour certains mécanismes d'interaction entre la clinique, la biomédecine et la biologie fondamentale. Dans un second temps, nous reviendrons à la notion de complexité, afin de confronter les résultats de nos analyses avec les propositions de Mitchell et Longino.

¹⁵²<http://extranet.inserm.fr/informations-juridiques/recherche/recherches-biomedicales> (consulté le 2 septembre 2018).

¹⁵³<http://ansm.sante.fr/Activites/Essais-cliniques/Repertoire-public-des-essais-cliniques-de-medicaments/Apropos-du-repertoire-des-essais-cliniques-de-medicaments/Glossaire-relatif-aux-essais-cliniques> (consulté le 2 septembre 2018).

¹⁵⁴<http://www.recherche-biomedicale.sante.gouv.fr/> (consulté le 2 septembre 2018).

VIII.3 Lutte contre le cancer et savoirs biologiques

VIII.3.1 De la chirurgie aux rayons X

Si vous examinez un cas ayant des masses saillantes sur le sein et que vous trouvez qu'elles sont répandues sur sa poitrine, si vous placez votre main sur le sein et que vous les trouvez un peu fraîche, sans qu'il n'y ait aucun fièvre quand votre main les sent, qu'elles n'ont pas de granulations, ni de fluide et ne donnent aucun liquide mais que vous sentez une protubérance au toucher, vous devez dire à son propos : cela est un cas de masse saillante que je dois combattre. Des tumeurs saillantes du sein signifient l'existence de gonflements sur la poitrine, grands, en expansion et durs. Les toucher est comme toucher un fruit de fenugrec pas mûr qui est dur et frais au toucher (Taylor, 1991, p. 88, cité par Mukherjee, 2010, p. 61).

Le médecin égyptien Imhotep, ayant enseigné plus de deux mille cinq cent ans avant notre ère, signe dans cet extrait la première description écrite d'une tumeur maligne. Il faut néanmoins attendre le cinquième siècle avant notre ère pour qu'Hippocrate introduise le mot *karkinos* dans la littérature médicale. Cependant, comme le note S. Mukherjee :

Ce qu'Hippocrate appelle *karkinos* et la maladie que nous connaissons sous le nom de cancer étaient en fait des créatures largement différentes. Le *karkinos* correspondait essentiellement à de grosses tumeurs superficielles (...). Même la distinction entre tumeurs malignes et non-malignes devait échapper à Hippocrate (Mukherjee, 2010, p. 69).

En l'absence de démarches d'analyse plus poussées que la simple observation, à l'oeil nu, des tissus superficiels, le terme *karkinos* ne pouvait évidemment recouper que rarement notre concept actuel de cancer. Cette situation perdure au Moyen-Age. Le cancer ayant été identifié comme une maladie incurable et mortelle, les malades furent laissés jusqu'à la Révolution Française au bon soin des asiles pour incurables, censés dissimuler aux yeux du peuple le spectacle pitoyable des moribonds. La naissance de la clinique moderne a fortement modifié cet état de fait. D'une part les travaux de Virchow à la fin du XIX^e siècle ont permis de caractériser le cancer au niveau cellulaire :

En observant la croissance des cellules cancéreuses au microscope, Virchow découvrit qu'elle n'avait plus aucun contrôle chez elles, c'était l'hyperplasie dans sa forme la plus extrême (...). Ce n'était pas juste une simple croissance, mais un processus redéfini, sous une nouvelle forme. Avec une certaine prescience, sans en connaître le mécanisme, Virchow la nomma "neoplasia" (Mukherjee, 2010, p. 32).

D'autre part, la réorganisation totale de la pratique chirurgicale à la fin du XIX^e siècle, marquée par la généralisation de l'asepsie, a facilité l'entrée du regard anatomo-pathologique dans l'étude des dérèglements de l'organisme. En rendant le cancer accessible au bistouri, la pratique clinique a ainsi

initié un rapport direct avec le phénomène de tumorigenèse : il devient possible de voir, toucher, analyser et classer les tumeurs (Pinell, 1992, p. 47). Les tumeurs sont localisées dans l'organisme et rattachées à un tissu. Les formes des cancers sont distinguées selon les organes atteints et le cancer devient l'objet d'une typologie qui s'affine avec la découverte de nouveaux tissus sensibles. Au niveau des réussites cliniques, les premiers grands succès sont ceux de Theodor Billroth (ablation d'un cancer de l'estomac, 1881) et William Stewart Halsted (mammectomie, 1890). À leur suite, de nombreux chirurgiens cherchent à rattacher leur nom à une technique opératoire et le traitement des cancers par cette voie se banalise. Même si les succès à long terme sont difficiles à évaluer et sans doute relativement limités, ces quelques réussites ont une importance cruciale puisqu'ils définissent pour la première fois des conditions de curabilité des cancers : *un cancer est possiblement curable s'il est opérable*. Cette relation pousse alors à préciser les possibilités d'action du chirurgien et rend donc cruciale la question suivante : *quand un cancer est-il opérable ?* L'observation directe des cancers et de leur évolution pathologique a permis aux cliniciens de développer des réponses importantes du point de vue *technique*, mais également *épistémologique*. Il est vite devenu évident que l'opérabilité dépendait notamment du caractère localisé de la tumeur et donc de l'existence ou non de métastases. Cette réflexion met l'accent sur l'idée phare suivante : « le cancer est une maladie primitivement locale qui ne se généralise que secondairement ». De cette manière, les cliniciens arrivèrent rapidement à différencier les tumeurs malignes des tumeurs bénignes et la relation évolutive qui peut les lier. Cette classification, outre le fait qu'elle est utile à la pratique clinique, est très riche épistémiquement. En faisant du caractère métastatique un trait secondaire du phénomène cancéreux, elle contribue à éclaircir la nature du cancer – la liste de ses propriétés essentielles, classées par la fréquence de leurs manifestations. Le cancer devient un phénomène de croissance non contrôlée des tissus, qui peut éventuellement se généraliser. Cette simple observation met au point une certaine *représentation* du cancer et détermine des directions fortes d'investigation. La question de savoir pourquoi certaines cellules tumorales colonisent l'organisme, qui est aujourd'hui une interrogation de base guidant la recherche en cancérologie, peut par exemple d'ores et déjà être posée. Finalement, la pratique clinique de la chirurgie circonscrit et dynamise très vite des pistes de recherche nouvelle sur la nature du cancer. Elle les engendre en utilisant les outils (d'observation et de raisonnement) qui lui sont propres. Pour ce faire, elle met notamment en place des concepts qui sont d'abord opératoires, avant de devenir porteur d'une authentique signification épistémique.

Le même type de dynamique a accompagné le développement d'une seconde révolution théra-

peutique, née avec la découverte, à l'orée du XX^e siècle, des rayons X puis du Radium. La découverte des rayons X (1895) et de la radioactivité du radium (1898), en révélant la structure interne de l'organisme sans avoir recours au bistouri, bouleversent l'art du diagnostic. Et outre leurs applications en imagerie, les rayons X sont rapidement utilisés à des fins thérapeutiques. Leur action sur les tissus vivants est, en effet, très vite mise en évidence : les accidents cutanés touchant les cliniciens manipulant les appareils ouvre la voie à des tentatives de radiothérapie d'abord pour les maladies de la peau, puis, dès 1896, pour un cancer de l'estomac (Dr. Despeigne, à Lyon). La guérison d'un cancer de la peau par Thor Stenbeck (1899) pousse les cliniciens à poursuivre une série d'expériences en appliquant les rayons à d'autres types de cancers. Dès 1902, un mémoire publié dans *The Medical Standard* affirme ainsi, dans une revue d'ensemble sur la question, que l'action des rayons X sur les tumeurs produit « un effet indubitable » (Pinell, 1992, p. 54). Cependant, il est important de noter que toutes ces premières manipulations des radiations sont réalisées totalement à l'aveugle : les radiothérapeutes, encore très loin d'en saisir l'effet biologique, ne savent même pas quel est l'agent actif émanant des tubes de Crookes utilisés en radiologie : sont-ce les rayons X eux-mêmes, l'électricité de l'ampoule, la chaleur, la lumière ultra-violette ? Les cliniciens en sont réduits à des extrapolations sans filet, ce qui ne les empêche pas de mener à grand train un nombre important d'expériences thérapeutiques sur tout type de pathologie, de la tuberculose au cancer en passant par les maladies parasitaires. Avec parfois quelques succès retentissants, comme le traitement de la teigne par le Dr. Sabouraud en 1899. La manipulation du radium, après sa découverte par les Curie, apporte un premier élément de réponse concernant l'agent thérapeutiquement actif. Les lésions épidermiques observées par Curie et Becquerel sur eux-mêmes sont en effet de nature similaire à celles provoquées par les rayons X. Comme la nature physique des radiations est également très proche, cela tend à prouver que ces dernières sont les seules responsables des effets biologiques mis en évidence. Cette conclusion n'est cependant d'aucune aide pour guider les cliniciens dans le développement de la radiothérapie et ces derniers restent « dans un état d'ignorance totale quant à la façon dont les rayons X agissent sur les organismes vivants en générale et sur les cancers en particulier ». Et c'est malgré cette absence totale de cadre théorique que les cliniciens doivent construire des réponses à cette question technique qui les taraude : *comment appliquer la radiothérapie pour la rendre la plus efficace possible sur les cancers ?*

Même si quelques expérimentations en laboratoire sont menées (sur des animaux, des bactéries) indépendamment de la pratique médicale, notons qu'en cette fin de XIX^e siècle, les tests thérapeu-

tiques à l'aveugle sont la règle. Notamment, la calibration de la durée des séances et de l'intensité des radiations est menée de manière plus ou moins indépendante par chaque praticien. En guise d'exemples illustrant la diversité des approches, Pinell (1992) note que :

Schiff et Freund procèdent par séances courtes de quelques minutes, répétées deux ou trois fois par semaine (...) et poursuivies jusqu'à ce que des modifications soient obtenues. Kienböck à Vienne et Bécère préfèrent faire absorber tous les huit jours des doses massives (cinq heures), d'autres enfin séparent deux applications de cinq heures par une période de quinze jours (p. 59).

Cette situation de tâtonnement expérimental offre aux cliniciens une mosaïque d'observations qui leur permettent de formuler, spontanément, une pluralité hypothèses quant à l'influence biologique des radiations sur les cancers. Suivant en cela les préceptes de Claude Bernard, les médecins cherchent, autant que faire se peut, à sortir de l'empirisme pur pour proposer des explications mécanistes aux phénomènes observés, de manière à améliorer les modalités de traitement.

Une première piste met la réponse inflammatoire au centre de la recherche sur les effets des rayons X. Cette dernière émerge de la mise en évidence, *dans certaines situations expérimentales*, d'une corrélation entre l'inflammation de la peau et le succès thérapeutique. Face à cette observation, Grübbe (Grubbe, 1949) formule l'hypothèse selon laquelle les rayons X créent un processus inflammatoire favorisant la phagocytose des cellules cancéreuses. Des études anatomopathologiques montrant les îlots cancéreux emprisonnés dans le tissu inflammatoire puis éliminés vinrent conforter cette hypothèse. Un nouveau savoir scientifique est alors généré, venant enrichir la représentation médicale du cancer : les cellules tumorales peuvent être reconnues comme éléments étrangers à l'organisme. Notons que le lien entre cancer et système immunitaire est aujourd'hui une des bases des modèles globaux de carcinogenèse et un outil de recherche thérapeutique (immunothérapie).

En parallèle, les succès obtenus *sans réaction inflammatoire* conduisent à se poser en d'autres termes la question du mode d'action des rayons. Notamment, cela mène à attribuer aux tissus cancéreux une *sensibilité intrinsèque* plus grande que celle des tissus sains. En posant le problème en ces termes, les cliniciens ouvrent une voie d'investigation concernant la *nature* des cellules cancéreuses. Plusieurs idées émergent alors, qui dérivent toute de l'idée d'une « dégénérescence maligne ». Par exemple, une thèse en vigueur parmi les radiologues consiste à affirmer que la cellule cancéreuse « est caduque et fragile et (...) que les rayons X ne font que favoriser la tendance spontanée à la dégénérescence qui existe normalement chez elle » (Pinell, 1992). De manière générale, un fais-

ceau d'observations, récoltées dans des conditions expérimentales particulières (pas d'inflammation), pousse les cliniciens à construire le questionnement suivant : *pourquoi les cellules cancéreuses sont-elles intrinsèquement plus sensibles que les cellules normales aux rayons X ?* Afin de formuler une hypothèse permettant de répondre à cette interrogation précise, les cliniciens vont cette fois mettre en place des collaborations avec des scientifiques plus éloignés de la pratique du soin. Historiquement, l'exemple le plus marquant de cette démarche est le travail de Bergonié (un électrophysiologiste non-clinicien) et Tribondeau (médecin, spécialiste d'histologie) (Bergonié et Tribondeau, 1959). Ils s'inspirent d'une part des observations cliniques, mais également des expériences réalisées par Albers-Schönberg. Ce dernier, en irradiant des testicules de rats blancs, avait observé une disparition des spermatozoïdes. Tribondeau et Bergonié bâtissent alors (1905) l'hypothèse suivante, sur la base d'une analogie entre les capacités de prolifération des cellules souches de la lignée germinale et celles des cellules tumorales : les rayons X affectent préférentiellement les cellules proliférantes. Afin de démontrer sa pertinence, ils entreprennent une série d'expériences sur des rats. Ils observent alors que la sensibilité des cellules dépend fortement de leur caractère différencié : tout se passe, pour eux, « comme si plus les cellules étaient arrivées près du stade ultime de différenciation que constitue le spermatozoïde, plus elles avaient de chance d'échapper à la destruction » (Pinell, 1992, p. 64). Cette observation est mise en parallèle par Bergonié avec les données cliniques concernant les tumeurs :

Elles nous fournissent d'excellents exemples de cellules peu sensibles, dont les fonctions et la morphologie sont bien fixées (comme les lipomes) et de cellules très polymorphes ou sans fonction définie autre que la reproduction (carcinome, épithélioma, sarcome), qui sont très fragiles (cité par Pinell, 1992, p. 65).

De ces observations, ils tirent une loi, qu'ils intitulent « loi de corrélation entre la fragilité des cellules aux rayons X et leur activité reproductrice », selon laquelle les rayons X agissent avec d'autant plus d'intensité sur les cellules que : a) l'activité reproductrice des cellules est plus grande, b) que leur devenir karyokinétique (la karyokinèse est l'ensemble des phénomènes dynamiques de division du noyau aboutissant à la formation de deux noyaux fils) est plus long, c) que leur morphologie et leurs fonctions sont moins définies (*Id.*). Ce troisième point est d'une grande importance épistémologique. En effet, il permet de formuler un lien entre l'acquisition d'une différenciation cellulaire et la disparition de la fonction multiplicatrice. On peut alors penser l'existence d'une balance division/différenciation et le cancer comme une perturbation de cette balance. Le processus de perte de la spécialisation cellulaire devient dans ce cadre un événement précurseur à la transformation

maligne des tumeurs. Cette idée ouvre des voies d'investigation novatrices pour aborder la nature et l'étiologie du cancer. Notons que l'importance de cette liaison entre spécialisation et division s'impose d'autant plus que son application thérapeutique est cruciale : le concept de radiosensibilité contribuera à régir tout le principe de la radiothérapie. C'est d'ailleurs pour cette application clinique que leurs auteurs recevront le prix Montyon, une des plus hautes distinctions de l'Académie des sciences. Immédiatement et avant même que les implications épistémiques de la découverte aient été utilisées pour bâtir un quelconque modèle global de la carcinogenèse, les conclusions de Bergonié ont été appliquées à la pratique thérapeutique. Toujours avec la même démarche tâtonnante, Regaud, testant des techniques de soin diverses sur des malades considérés comme incurables, remarqua alors un fait crucial : la décroissance de la radiosensibilité des tumeurs malignes traitées par des doses successives et trop espacées de rayons X (1911). Il y a donc mise en évidence du développement d'une résistance aux radiations, qui là encore vient enrichir la représentation biologique du cancer. Les observations de Regaud sont le fruit d'une démarche clinique de tests en aveugle sur les malades. Comme le note Patrice Pinell, ces expérimentations cliniques, fortement liées à la volonté de soigner, permettent « de soulever des questions nouvelles (...) et d'enrichir la connaissance des multiples effets biologiques des radiations » (p. 66).

VIII.3.2 Conclusion intermédiaire

Que nous apprennent ces deux phases historiques de construction d'un savoir scientifique et d'acquisition de techniques thérapeutiques (chirurgie et rayons) ? Notons d'abord que la lutte contre le cancer à la fin du XIX^e et au début du XX^e siècle est caractérisée par l'absence d'un cadre théorique dirigeant le geste des cliniciens. Ces derniers ont entre leurs mains des outils (chirurgie et rayons), qui leur sont livrés *avant* les connaissances biologiques permettant de les utiliser efficacement. La pratique clinique devient alors un terrain propice au foisonnement expérimental. On teste de nouvelles techniques d'exérèse chirurgicale, on applique à l'aveugle des protocoles de radiothérapie non codifiés, dans des conditions expérimentales extrêmement variables et non calibrées. Des questions techniques émergent bientôt. La formulation d'hypothèses permettant d'y répondre est facilitée par la grande collection de données cliniques accumulées. Dans le cas de la chirurgie, le besoin de déterminer un critère d'opérabilité des tumeurs conduit à différencier tumeurs bénignes et tumeurs malignes, avec une notion d'évolution temporelle de la pathologie. Dans le cas de la radiothérapie, différentes hypothèses rendant compte de l'effet biologique des rayons émergent. Une collection de faits nourrit un raisonnement abductif, conduit par la reconnaissance d'analogies : analogie entre

l'action inflammatoire des rayons et celle des produits caustiques, ou entre la réponse des cellules souches germinales et celle des cellules cancéreuses. Ces hypothèses sont ensuite validées, confortées, soit par la pratique clinique elle-même (critère d'opérabilité des tumeurs), soit par une association d'observations cliniques (lien entre sensibilité des cancers et capacité proliférative) et d'expérimentation en laboratoire (sensibilité des cellules souches germinales). Les médecins développent donc, au début du XX^e siècle, deux types de démarche pour répondre aux questions posées par les nouvelles techniques de soin. D'une part, la pratique clinique propose une mosaïque d'observations, dans des conditions réelles d'évolution des tumeurs. Des examens anatomo-pathologiques viennent préciser les conclusions réalisées à l'échelle de l'organisme. La complexité des maladies cancéreuses, alliée à la grande variabilité des protocoles de soin, fournit au clinicien une grande quantité d'informations. Celles-ci permettent tout d'abord de préciser les questionnements. La question générale : *comment appliquer les rayons X ?* Devient : *est-il nécessaire de provoquer une inflammation ?* Elles permettent aussi de découvrir facilement des propriétés essentielles des tumeurs : transition malin/bénin, lien entre prolifération et perte de spécialisation, relation au système immunitaire. Dans certains cas, le matériau clinique s'avère suffisant pour construire et valider une hypothèse explicative. Dans d'autres cas (découverte de la radiosensibilité), la question précise que formule la clinique nécessite de s'émanciper de la pratique médicale. La relation entre prolifération et sensibilité aux rayons X ne pouvait être validée à l'intérieur du cadre de la pratique clinique. Celle-ci n'offrait en effet que deux observations *a priori* étrangères l'une à l'autre (les cellules tumorales prolifèrent et sont radiosensibles). L'abduction à l'origine de l'hypothèse formulée par Bergonié, ainsi que sa validation expérimentale, a naturellement ouvert la voie à une médecine expérimentale du cancer, émancipée de la clinique.

Il est intéressant, dans ce cadre, de mettre au jour les va-et-vient qui s'organisent entre ces deux niveaux (la clinique et la recherche « biomédicale »). La naissance du concept de radiosensibilité est, de ce point de vu, exemplaire. Une question technique (*comment appliquer les rayons ?*), émergeant à partir d'un obstacle rencontré dans une pratique de soin, conduit à s'interroger sur la sensibilité intrinsèque des cellules tumorales. La formulation de ce problème ouvre la voie à la mise en commun d'observations pathologiques et de résultats expérimentaux, permettant de formuler et de valider l'hypothèse de la « corrélation entre la fragilité des cellules aux rayons X et leur activité reproductrice ». La piste ouverte par Tribondeau et Bergonié s'inscrit donc à la fois dans la réponse à une question purement technique, liée au soin, dans la recherche d'une étiologie des cancers, et

également comme un prolongement des études fondamentales d'Alberts-Schönberg sur la sensibilité des cellules germinales aux rayons X. Finalement, la formulation de leur hypothèse (la problématisation de l'obstacle technique rencontré) nécessite la mise en place d'un nouveau lien conceptuel entre prolifération et différenciation, ayant à la fois des implications cognitives en biologie et des conséquences sur la pratique clinique. Tout en guidant la geste du praticien, les travaux de Tribondeau et Bergonié ont enrichi les représentations théoriques du cancer (comme maladie liée à la dédifférenciation des cellules) et orienté les investigations en laboratoire sur l'effet biologique des radiations.

Cette dynamique peut être contrastée avec celle ayant entouré la formulation d'autres hypothèses de recherche proposées pour élucider l'étiologie des cancers. La question des causes des processus de tumorigenèse a en effet poussé la communauté médicale à tenté d'élargir le spectre de l'expérience clinique à d'autres types de pratiques scientifiques. Dans ce cadre, l'AFEC (Association Française pour l'Étude du Cancer) est été créée en juin 1908. L'idée de base en était « d'associer toutes les disciplines médicales susceptibles d'aborder un aspect spécifique des problèmes posés par le cancer, parce que c'est le seul moyen de faire sérieusement progresser les connaissances dans ce domaine ». Au-delà de ces déclarations de principe, quels types de recherche ont émergé, très concrètement, des travaux de cet AFEC ? La compilation et l'analyse des travaux publiés par la société savante, réalisée par Patrice Pinell, permet de tracer les grands traits de la production scientifique en cancérologie dans les deux premières décennies du XX^e siècle. Il en ressort clairement que « ce sont les approches descriptives anatomo-cliniques qui dominent la production (p. 93) ». Ces travaux, qui concentrent 50% des publications, proviennent de cancers spontanés observés sur les animaux (Écoles Vétérinaires) et de cas étudiés dans les hôpitaux. La démarche est alors de « décrire des formes rares, soit du fait de leur type histologique, soit du fait de leur localisation (p. 94) ». Là encore, et ce alors même que le but de l'AFEC est explicitement d'élucider les *causes*, l'approche scientifique du cancer fait la part belle à une compilation de cas cliniques. Ces derniers sont choisis en regard de leur nouveauté, de leur originalité ; un fait est intéressant non pas au vue de son caractère typique et donc source potentielle d'un savoir généralisable, mais de sa singularité. Parallèlement à ce foisonnement d'études descriptives, les considérations étiologiques et pathogéniques « apparaissent relativement disparates » (p. 96). Trois hypothèses principales sont discutées : la piste virale, le rôle des agents physico-chimiques et la notion d'état pré-cancéreux. Les deux premières pistes sont surtout le fait d'expérimentateurs de laboratoire, ayant peu de liens avec la clinique. Notamment, le rôle des agents environnementaux est testé par Pierre Marie et Jean Clunet, qui obtinrent une tumeur bénigne en

injectant de l'huile d'olive saturée de Sarlach dans les oreilles d'un lapin (1909). De même, Clunet observe en 1910 un sarcome expérimental chez le rat, après exposition à des rayons X. Sur la base de ces quelques résultats expérimentaux et de la grande quantité de données cliniques, Ménétrier avance quant à lui l'idée d'une croissance du cancer sur la base « d'états pré-cancéreux » : les irritations de toute nature, notamment, peuvent servir de matrice au cancer. Le débat sur les états pré-cancéreux est alimenté en grande partie par les cliniciens, qui y contribuent par l'accumulation d'observations réalisées sur des patients. La notion vague d'*irritation* venant elle-même de la clinique, il est logique qu'elle y trouve son lieu d'épanouissement privilégié : ce concept, inventé sur la base de la diversité des mécanismes de croissance tumorale, est donc taillé sur mesure pour absorber la multiplicité des cas rapportés par les médecins. Chacun peut le préciser, le moduler à sa guise et y faire rentrer les manifestations pathologiques qu'il observe. D'autre part, il permet de rendre compte de l'*histoire naturelle* du cancer : il n'est en fait que la conséquence immédiate de la distinction entre tumeurs malignes et bénignes, à laquelle il fournit un cadre interprétatif. Une tumeur bénigne est liée à une irritation, qui peut servir de point de départ à un cancer invasif. Dans le même temps, ce concept nous donne une première étiologie du cancer : l'irritation (physique ou chimique) est à l'origine du processus de cancérisation. Clairement, cette notion apparaît donc comme un concept *ad hoc* développé par les cliniciens pour continuer leur travail de recensement d'observations, tout en cédant aux exigences naissantes d'explicitation des causes du cancer. En conséquence, l'hypothèse de Ménétrier, bâtie en grande partie sur la clinique et pour la clinique, suscite l'enthousiasme du milieu médical. En revanche, les hypothèses ne trouvant que peu d'écho en clinique, notamment l'hypothèse virale, sont largement délaissées.

Ainsi, c'est bien la connexion avec les problèmes authentiques rencontrés dans le cours de la pratique clinique, plus que leur seule qualité épistémique, qui motive la formulation et le déploiement de certaines hypothèses étiologiques et l'abandon des autres. Les concepts et théories trouvant un écho au sein des pratiques existantes, comme outil de résolution de problèmes techniques ou conceptuels, sont valorisés. L'indifférence qu'a suscitée l'hypothèse virale peut ainsi être opposée à l'influence des travaux de Ménétrier, puis de Tribondeau et Bergonié. De manière plus générale, ce sont donc les questions posées par la pratique clinique qui imposent leur rythme au progrès des connaissances. Les hypothèses étiologiques *spéculatives*, c'est-à-dire déconnectées des problèmes émergeant de la perspective médicale sur le cancer sont ignorées. Cette logique forge des relations épistémiques particulières entre le niveau de la clinique, et celui de la médecine scientifique bernardienne et de la

biologie fondamentale, qui vont se modifier progressivement au cours du XX^e siècle. La montée en puissance de la radiobiologie constitue une étape importante de ce renversement.

VIII.3.3 Vers une « médecine scientifique » : la naissance de la radiobiologie

Il est à prévoir que l'histologie va prendre une importance de plus en plus grande, car elle apparaît comme la base essentielle de la biologie. Surtout morphologique et descriptive jusqu'à présent, la science des cellules et des tissus est en train de devenir physiologique, chimique, expérimentale (Dr. Regaud, cité par Pinell, 1992, p. 147).

En écrivant ces mots en 1909, le docteur Regaud résume l'évolution progressive que connaît la construction des connaissances scientifiques sur le cancer. Peu à peu, la mise au point des traitements est sous la coupe d'une démarche expérimentale préalable, devant déterminer l'influence biologique des rayons X sur les tissus sains. L'expérimentation à l'aveugle est alors réservée aux seuls patients considérés comme « incurables ». La création d'un nouvel Institut du Radium doté d'une section biologique dont Regaud prend la tête, consacre l'émergence de cette *thérapeutique scientifique du cancer* : son institut devra servir de modèle à une médecine anti-cancéreuse articulant de manière satisfaisante recherche fondamentale et pratique clinique. Comment penser une telle articulation ? La pratique clinique doit d'appuyer, comme l'avait énoncé Claude Bernard, sur la recherche du déterminisme initial des phénomènes. Or, le cas du cancer peut paraître bien mal choisi pour appliquer ce modèle d'investigation, étant donné la difficulté à en dégager les déterminismes étiologiques. Regaud en a évidemment bien conscience et cherche alors à adapter l'idéal bernardien à la lutte contre le cancer :

Si l'étiologie et la pathogénie du cancer sont des phénomènes inconnus, en revanche l'action des radiations sur les cellules apparaît, elle, accessible à la connaissance : l'irradiation détruit certaines catégories de cellules, elle est donc, par rapport à celles-ci, assimilable au déterminisme initial d'un phénomène pathologique. Une démarche de médecine expérimentale est possible, dès lors qu'elle prend pour objet non pas la physiopathologie du cancer, mais la physiopathologie qui affecte les cellules (normales ou cancéreuses) irradiées (Dr. Regaud, cité par Pinell, 1992, p. 148).

L'objet d'étude de la médecine anti-cancer n'est plus le cancer lui-même (inaccessible, pour l'instant, à la médecine scientifique), mais l'effet biologique des radiations. Ce champ d'étude, qui, avant Regaud, avait vu se déployer un foisonnement de tentatives thérapeutiques à l'aveugle, doit alors devenir la figure de proue de la nouvelle médecine, fondée sur « les connaissances fondamentales acquises en laboratoire pour tendre à se présenter comme une science appliquée ». La démarche construite par Regaud autour de l'Institut du Radium marque donc une rupture dans l'approche du

cancer. La préoccupation principale reste *thérapeutique* ; cependant, la mise au point des techniques de soin doit passer par une démarche expérimentale émancipée de la seule pratique clinique. La naissance de l'Institut du Radium renforce donc le rôle d'une démarche expérimentale biomédicale dans la mise au point des thérapies. Si la clinique dictait auparavant les expériences à mener sur la base des questionnements construits au chevet des patients, Regaud ouvre un espace pour formuler des problèmes et mener les recherches associées indépendamment des besoins immédiats de la pratique thérapeutique. En conséquence, l'effet des radiations sur les cellules saines et pathologiques devient un objet d'étude en lui-même. Le point important est que cette piste de recherche, amenant des savoirs fondamentaux en biologie (rappelons l'importance épistémique des résultats de Tribondeau et Bergonié), ne s'est pas imposée comme la réponse à une question spéculative de pure curiosité. Elle est le fruit de la logique interne de la recherche, faisant émerger des problèmes, objectifs et partagés par toute une communauté, des pratiques existantes.

Une troisième phase marquante de l'histoire de la cancérologie est franchie avec le développement d'une autre piste thérapeutique : la chimiothérapie. Après être passé du tissu (chirurgie) aux cellules (radiothérapie), le développement des méthodes chimiques conditionne l'émergence de l'approche moléculaire et génétique des cancers. Cette émergence de la chimiothérapie, motive et oriente l'acquisition de connaissances biologiques fondamentales à l'échelle sub-cellulaire.

VIII.3.4 Des débuts de la chimiothérapie à la théorie génétique du cancer

Les débuts de l'ère moderne de la chimiothérapie peuvent être directement reliés à la découverte de la moutarde azotée comme un traitement efficace du cancer (...). Goodman et Gilman proposèrent, en mai 1942, que ce réactif pouvait détruire une tumeur lymphoblastique, sur la base d'autopsies de soldats exposés à du gaz moutarde durant la seconde guerre mondiale (Chabner et Roberts, 2005, p. 65).

Les rémissions obtenues, par ce procédé, sur un patient atteint d'un lymphome non-Hodgkinien, établit le principe de la chimiothérapie : une drogue peut-être administrée pour induire la régression des tumeurs. Sans connaître les voies d'action des moutardes azotées, des chimistes se lancèrent donc dans la synthèse de nouveaux agents analogues à celles-ci. Malgré l'apparition rapide de résistances et le retour inexorable du cancer après une première phase de régression, ces résultats ouvrirent la voie à une nouvelle forme de traitement du cancer. Sydney Farber est l'autre figure clé de ces pionniers de la chimiothérapie. En injectant un analogue de l'acide folique à des enfants atteints de leucémie, Farber généra des rémissions spectaculaires. Cette vitamine avait été caractérisée en 1937 comme nécessaire à la génération de globules blancs. Par analogie, Farber formula l'hypothèse

qu'en inhibant l'utilisation de l'acide folique par les cellules de la moelle osseuse – en injectant un analogue non fonctionnel – la synthèse pathologique de cellules sanguines serait inhibée. Sans rien savoir du mécanisme d'action de sa drogue, il mit donc sur pied le premier traitement induisant des rémissions dans des cas de leucémie. Sa molécule, le methotrexate, fut ensuite systématiquement testée sur différents types de tumeurs solides, avec quelques résultats marquants (Chabner et Roberts, 2005, p. 66). Ces premiers succès empiriques encouragèrent bientôt le développement d'un large programme de sélection de molécules actives. Le tout récent NCI (National Cancer Institut), dépendant du NIH, organisa le célèbre *National Cancer Chemotherapy Programm (NCCP)*. Ce dernier mit en place un programme de criblage des molécules anti-cancéreuses, selon le schéma suivant :

Un système linéaire a été organisé pour le développement de nouvelles drogues, incluant les étapes suivantes : (i) l'acquisition de nouveaux composés (ii) sélection (screening) (iii) production et formulation, (iv) toxicologie, (v) essais cliniques (Frei, 1982, p. 600).

Ce schéma relie donc l'utilisation des molécules en clinique à un programme rigoureux de mise au point des traitements. Clairement, les phases les plus en aval sont les plus finalisées : les essais cliniques se déroulent suivant des règles définies où la créativité du chercheur entre peu en compte. À l'inverse, les phases (i) et (ii) sont plus floues quant à leur méthodologie. Il s'agit, en effet, de trouver et de sélectionner des molécules potentiellement actives. La variété des pratiques ayant servi de point d'appui à cette démarche est bien connue. S. Muckerjee retient trois mécanismes majeurs de découverte :

Les médicaments (...) avaient essentiellement trois sources. Certains, tels que l'aminoptérine, résultaient de l'intuition des scientifiques. D'autres, comme la moutarde azotée ou l'actinomycine D, provenaient de sources de circonstances comme le gaz moutarde ou les bactéries du sol et avaient par chance été trouvées capable de tuer les cellules cancéreuses. D'autres encore, tels que le 6-MP, étaient issus d'un effort de criblage pour des médicaments ayant porté sur des milliers de molécules et dont une poignée avait été retenue (p. 199-200).

Nous ne détaillerons pas, ici, la diversité des types de raisonnement ayant amené, progressivement, à la constitution d'une banque de molécules actives. Notons simplement qu'une démarche purement empirique, très similaire à celle ayant dominé les progrès des protocoles de radiothérapie, a dominé la recherche médicale (Frei, 1982). Ces protocoles de criblage de masse sont bien décrits par Takimoto (2003) et Chabner et Roberts (2005). L'utilisation clinique de ces molécules a été également, et est encore, un terrain d'expérimentation à *l'aveugle*. En particulier, la recherche empi-

rique de combinaisons (chimiothérapies couplées) médicamenteuses efficace est une activité clinique centrale en cancérologie (Moxley, 1967 ; Moertel, 1990 ; Mukherjee, 2010, p. 177). De manière intéressante, ces démarches forment toujours le cœur de la recherche clinique :

Les principes de base du traitement du cancer, développés dans les années 1950 à 1980, restent les mêmes. Les tumeurs humaines forment un groupe très divers, même au sein des classifications histologiques et manifestent rapidement cette diversité lorsqu'elles sont exposées aux chimiothérapies. Le défi, pour la prochaine décennie, sera de mettre au point des essais combinant les drogues ciblées et les cytotoxiques d'une manière plus efficace (Chabner et Roberts, 2005).

Notre objectif, ici, est de caractériser d'un point de vue *épistémologique* les interactions entre problèmes exogènes et endogènes. Comment la recherche de drogues actives a-t-elle contribué à construire des connaissances fondamentales en biologie ? Dans la section précédente, nous avons vu que des questions purement techniques posées par l'utilisation des rayons X avaient conduit au développement d'une radiobiologie apportant des savoirs fondamentaux sur la cellule saine et pathologique. Le même type de mécanique s'est mis en place dans le cadre de la chimiothérapie. De nombreux exemples pourraient être développés pour illustrer ce point. De manière générale, l'identification des premières molécules thérapeutiques a engendré un mouvement de recherche visant à en déterminer le mécanisme d'action et à expliquer les phénomènes de résistance observés en clinique. L'effort le plus remarquable en ce sens concerne les études réalisées sur les effets du méthotrexate, la substance découverte dans les années 1950 par Sydney Farber. Cette molécule étant un analogue du folate, le groupe de Michael Osborn étudia en détail le métabolisme de l'acide folique et notamment les enzymes avec lesquelles il interagit. En suivant cette méthodologie, ils finirent par isoler la DHFR (dihydrofolate reductase) et montrèrent que le produit de Farber inhibe cette enzyme (Osborn, 1958b). Dans le même temps, ils étudièrent les réactions impliquant le folate et la DHFR et mirent en évidence que l'enzyme et son substrat étaient intégrés dans le processus de synthèse des bases de l'ADN (Osborn, 1958a). La DHFR est donc indispensable à la réplication de la macromolécule. Plus tard (1983), l'équipe de Joseph Bertino étendit cette connaissance du mécanisme d'action du méthotrexate en détaillant les phénomènes moléculaires à l'œuvre, montrant ainsi que

l'action du méthotrexate dépend d'un transport actif à l'intérieur des cellules via un transporteur, le RFT-1, de sa conversion en un polyglutamate et de sa liaison à DHFR, ce qui amène à l'inhibition de la synthèse des bases azotées (Chabner et Roberts, 2005, p. 66)

Cette voie de recherche mena donc, d'une part, à la découverte de nouveaux types de transpor-

teurs (RT-1) et de réactions enzymatiques (Jolivet, 1983), donc à l'amélioration de notre connaissance globale du fonctionnement cellulaire. Dans le cadre de la lutte contre le cancer, elle conduisit également à « notre compréhension actuelle du principe de la chimiothérapie » (Chabner et Roberts, 2005). D'autre part, la chaîne d'événements moléculaire responsable de l'inhibition de la DHFR permet de comprendre la notion de *résistance* : si l'une des étapes est modifiée dans la cellule tumorale, la drogue n'agira pas. En combinant le savoir acquis sur le phénomène de mutations affectant la fonctionnalité des protéines aux observations sur le methotrexate, l'équipe de Chabner a pu ainsi construire un modèle valide décrivant les mécanismes de résistance aux drogues administrées en chimiothérapie (Curt, 1984). Ce cas est intéressant dans le cadre de notre étude. Il montre comment la réponse à une question précise posée par les besoins immédiats de la clinique (pourquoi le methotrexate bloque-t-il la division des cellules tumorales ?) passe par la construction d'une connaissance fondamentale (chaîne de synthèse des bases azotées, transporteurs membranaires). Cet exemple est très proche de celui que nous avons détaillé dans le chapitre V (p. 243), portant sur les traitements anti-angiogéniques : les observations cliniques réalisées dans le cadre de ces traitements avaient soulevé des problèmes dont la résolution avait amené à acquérir des nouvelles connaissances fondamentales sur les voies moléculaires dépendantes du VEGF.

Ce type d'interaction entre clinique, biomédecine et biologie est fréquente. Adam (2005) et Adam *et al.* (2006) suggèrent ainsi que l'identification de réseaux moléculaires jouant un rôle fondamental dans le comportement cellulaire est largement motivée et guidée par des enjeux pratiques. Adam (2005) détaille notamment le cas du « rational drug design ». Cette activité de recherche, que l'on peut définir comme « une méthode pour développer de nouvelles molécules pharmaceutiques impliquant l'élucidation de mécanismes physiologiques fondamentaux » (*Ibid.*, p. 513), a émergé dans les années 60-70, dans le sillage des progrès de la biologie moléculaire. Pour Adam, le « rational drug design » a une valeur épistémique du fait qu'il est fondé sur des « hypothèses biologiques étant encore loin de constituer un savoir solide » (p. 520), hypothèses qu'il contribue à compléter et à justifier. Pour illustrer ce point, il développe l'exemple des traitements beta-bloquants contre l'hypertension artérielle, le captotril et le losartan. Retenons ici que ces médicaments ont été développées sur la base d'une hypothèse controversée portant sur l'implication de l'enzyme ACE dans la régulation de la pression sanguine (Adam *et al.*, 2006, p. 440). Leur mise au point a produit des connaissances fondamentales à propos de la voie de signalisation moléculaire liée à l'ACE, mais également sur la structure des récepteurs à l'adrénaline, voire sur la « théorie générale des récepteurs » (Adam, 2005,

p. 520) elle-même.

Tous ces cas mettent en lumière le même mécanisme d'interaction entre problèmes endogènes et exogènes. Une connaissance biologique lacunaire (l'effet du folate sur la production des globules blancs, le rôle du VEGF dans l'angiogenèse, ou du système rénine-angiotatine dans la régulation de la tension artérielle) est mobilisée et complétée dans le cadre d'une recherche motivée par un problème exogène. Cette recherche génère alors ses propres questions endogènes (c'est-à-dire, surgissant dans le cours de l'enquête) : rôle du DFHR dans la synthèse des bases azotées de l'ADN, impact des thérapies anti-angiogénique sur la croissance des cancers. Le point important est que la valeur épistémique de la connaissance construite par ce biais est clairement indépendante de l'éloignement vis-à-vis de la pression des problèmes externes. Autrement dit, il n'y a pas, dans ce cas, de raison épistémologique de distinguer une recherche fondamentale « pure » d'une recherche inspirée par l'usage. Si la recherche des mécanismes d'action du VEGF était clairement motivée par un problème exogène (la mise au point de thérapies anti-cancéreuses), elle a dessiné un espace de science fondamentale, laissant une place à l'identification et au dépassement d'obstacles surgissant dans le cours de l'enquête et à la production de connaissances nouvelles. De même, l'élucidation des mécanismes d'action de l'acide folique illustre parfaitement l'interconnexion des pratiques rendant délicate la catégorisation science fondamentale/pure *vs.* inspirée par l'usage. À partir d'une connaissance fondamentale lacunaire sur le rôle de l'acide folique dans la génération des globules rouges, Farber a mis au point un traitement anti-cancéreux basé sur l'inhibition du métabolisme de cette molécule. Afin d'améliorer son efficacité thérapeutique, le groupe d'Osborn s'attacha à décrire le mécanisme d'action du méthotrexate. Ce faisant, ils découvrirent l'enzyme DHFR, qui s'avéra impliquée dans le métabolisme des bases de l'ADN. Plus tard, lorsque l'étude des canaux et récepteurs membranaires se retrouva au centre des pratiques en biologie, Jolivet (1983) finit d'élucider le mécanisme d'action du méthotrexate en identifiant le type de récepteur responsable de son entrée dans le cellule. Cet exemple montre donc bien comment des problèmes exogènes viennent orienter spontanément les pratiques scientifiques, en posant des problèmes qui s'intègrent dans des pratiques existantes. Ainsi, l'élucidation du métabolisme de l'acide folique s'est déployée dans le cadre d'une biochimie dédiée à l'étude des grandes chaînes de réaction médiées par les enzymes (Osborn, 1958b). Puis, cette ligne de recherche s'est déplacée, dans les années 80, vers l'étude des protéines membranaires et leur rôle dans les phénomènes de résistance des tumeurs à la chimiothérapie. Finalement, les problèmes exogènes sont parfaitement intégrables et intégrés aux recherches produisant des connaissances fon-

damentales. Cette observation rejoint les conclusions de Morrison (2011) : la connexion à un souci de l'utile n'est pas un critère suffisant pour distinguer des types de recherche d'un point de vue épistémologique. Nous rajoutons ici une remarque importante. Cette intégration est profitable *si et seulement si* un espace suffisant est laissé pour *bien poser* les problèmes nouveaux émergeant de ces recherches, c'est-à-dire pour proposer des hypothèses explicatives soulignant leur lien avec d'autres pratiques. Ainsi, la mise au point de thérapies anti-VEGF a ouvert un espace de science fondamentale à partir du moment où les observations surprenantes réalisées dans ce cadre ont été problématisées et intégrées au bagage de connaissances sur les réseaux de régulation moléculaires de l'angiogenèse, alors même que l'objectif était clairement utilitaire. Cet espace aurait pu être bien vite refermé, si l'échec de l'Avastin avait donné lieu à un abandon pur et simple des tentatives, sans formulation de possibles pistes de recherche permettant, éventuellement, de surmonter l'obstacle rencontré. Nous verrons dans la partie 4 que cette idée est centrale pour penser les conditions institutionnelles d'un pilotage de la science optimisant sa productivité épistémique.

Cette intégration des problèmes exogènes dans la dynamique de construction des savoirs fondamentaux (élucidation des réseaux de régulation, connaissance du génome) s'exprime de manière particulièrement prégnante à l'heure des thérapies ciblées.

VIII.3.5 Thérapie ciblée et réseaux de régulation

Nous avons souligné, dans le chapitre VII (p. 307), l'importance prise par le développement du génie génétique, motivé en grande partie par des problèmes exogènes, dans l'orientation de la recherche la plus fondamentale en biologie. Ainsi, les outils d'étude du génome mis au point dans ce cadre à partir des années 70, mobilisés dans la « pratique du génie génétique » ont rendu possible « la découverte de la structure morcelée des gènes, la mise en évidence de réarrangements génétiques dans les cellules du système immunitaire et la démonstration que le code génétique n'était pas universel » (Morange, 1994, p. 260). Cette pratique déboucha également sur la mise en évidence des *oncogènes*, impliqués dans la transformation cancéreuse (*Id.*). Etant donné leur importance thérapeutique, la chasse aux oncogènes a rapidement été l'objet d'intenses recherches. Ainsi, « dans la décennie entre 1983 et 1993, une série d'autres oncogènes furent rapidement identifiés dans les cancers humains, avec *myc*, *neu*, *fos*, *ret*, *akt* pour les oncogènes et *p53*, *VHL*, *APC* pour les anti-oncogènes » (Mukherjee, 2010, p. 449). Des protéines comme p53 ou VHL sont impliquées dans de nombreux processus biologiques et l'étude de leur insertion dans les réseaux de régulation intracellulaire est un enjeu phare de la biologie au sens large (Brady et Attardi, 2010). La recherche

des oncogènes s’est ainsi pleinement intégrée dans les enjeux les plus cognitifs (les moins utilitaires) de la biologie. Les revues les plus prestigieuses de la discipline virent se multiplier les publications faisant état de la découverte de nouveaux oncogènes, tandis que les compagnies pharmaceutiques cherchaient à mettre au point des traitements de thérapie génique. Un exemple simple permet d’illustrer cette convergence d’intérêts : la découverte du gène *Neu*.

Au début de la chasse aux oncogènes des années 1980, une équipe menée par Weinberg au MIT isole le gène *Neu*. Ce dernier, présent dans une tumeur de rat nommé neuroblastome, code pour un antigène présent à la surface des cellules tumorales (Phady *et al.*, 1982). Connaissant la fonction du gène *Neu* et possédant même un anticorps dirigé contre l’antigène correspondant, l’équipe de Weinberg voyait s’ouvrir devant elle un boulevard d’applications thérapeutiques. De manière intéressante, cette découverte ne fut pas mise à profit. Comme le note S. Mukherjee, « Weinberg, pris dans le tourbillon des nouveaux oncogènes et obsédé par la biologie fondamentale du cancer, oublia simplement de faire l’expérience » (Mukherjee, 2010, p. 483). En revanche, parallèlement, une entreprise de biotechnologies, Genentech, menait le même type de recherche que Weinberg. En 1984, elle découvrit l’homologue humain du gène *Neu*, qu’elle baptise *Her-2*. Cette découverte, en tout point identique à celle réalisée deux ans plus tôt par un laboratoire universitaire, allait cette fois avoir des implications considérables :

Un gène sous un autre nom reste le même gène, mais quelque chose de crucial avait bougé dans l’histoire de *Neu*. Le gène de Weinberg avait été découvert dans un laboratoire académique (...). *Her-2*, au contraire, fut découvert sur le campus de la société de biotechnologie Genentech. La différence de lieu et donc d’objectif, allait radicalement changer le sort de ce gène. Pour Weinberg, *Neu* avait représenté un moyen de comprendre la biologie fondamentale du neuroblastome. Pour Genentech, *Her-2* représentait un moyen de développer un nouveau médicament (Mukherjee, 2010, p. 485).

Ainsi, le gène *Neu* se trouvait à la convergence de pratiques motivées par des objectifs distincts. Il illustre donc parfaitement l’intégration de problèmes exogènes au sein du champ scientifique et la valeur épistémique de cette intégration. La prise en compte explicite d’un besoin social (trouver des traitements anti-cancer) a conduit à réaliser et à faire fructifier une découverte négligée par les chercheurs plus fondamentaux. Ces derniers, tout entier dédiés au développement d’un programme de recherche rigide (identifier des oncogènes), ont manqué de curiosité vis-à-vis des conséquences possibles de leur découverte. En revanche, l’intégration de problèmes exogènes (le souci du soin) a ouvert de nouveaux horizons de recherche, en mettant à profit un résultat laissé de côté par le milieu universitaire. La fécondité de l’enquête, définie comme la capacité à poser de nouveaux problèmes

authentiques, est ici clairement favorisée par la prise en compte de contraintes externes. Ce résultat est directement lié au *conservatisme pratique* inhérent au champ scientifique, que nous avons mis en évidence dans la partie précédente (p. 136).

Le type d'interaction entre problèmes endogènes et exogènes que nous soulignons ici concerne principalement le niveau de la pratique scientifique que nous avons défini comme le siège de l'activité de *théorisation*, dédié à la formulation de théories ou de modèles explicatifs et à l'élucidation des mécanismes sous-jacents aux phénomènes naturels. Cependant, il ne faut pas négliger non plus la perméabilité des dimensions plus techniques, opératoires de l'activité scientifique. Ainsi, le matériel même servant de base aux investigations en apparence les plus isolées des contraintes externes porte bien souvent la trace de problèmes exogènes. De nombreux exemples pourraient ici être développés, mais l'un d'eux est particulièrement marquant. Parmi les lignées cellulaires les plus anciennes et les répandues dans les laboratoires, on trouve les cellules HeLa, initialement obtenues à partir des tissus d'une patiente (Henrietta Lacks) atteinte d'un cancer de l'utérus (Scherer *et al.*, 1953). De par leur propriétés biologiques, ces cellules se prêtent remarquablement bien à la culture *in vitro* et sont aujourd'hui utilisées dans un grand nombre de contextes (Rahbari *et al.*, 2009). Plus généralement, la majorité des recherches menées en biologie cellulaire entretiennent un certain lien avec le phénomène de tumorigenèse, puisque les cellules servant de matériel de base sont la plupart du temps des cellules cancéreuses. On retrouve donc ici la conclusion du chapitre VII : il existe, en biologie, une perméabilité constitutive aux problèmes exogènes, agissant aux différents niveaux de la pratique scientifique.

Il faut également noter que cette inscription du cancer dans le champ scientifique, comme porteur de problèmes orientant et motivant l'acquisition de connaissances fondamentales, s'est accentuée avec le déploiement de démarches et d'outils typiques d'un certain réductionnisme dans les sciences biologiques. Nous l'avons vu, la lutte contre le cancer du début du siècle était centrée sur la pratique clinique et n'ouvrait que peu de pistes de recherche en dehors du soin lui-même. La radiobiologie a motivé, dans un second temps, l'étude du cancer à l'échelle cellulaire, à travers des structures comme l'Institut du Radium. Cette dynamique, motivée par la volonté d'améliorer l'efficacité de la radiothérapie et s'inscrivant dans le développement de la biologie cellulaire, a permis l'obtention de résultats marquants concernant la sensibilité des cellules aux radiations (travaux de Tribondeau et Bergonié). Les débuts de la chimiothérapie ont accompagné, quant à eux, les progrès de la biochimie.

Comme nous l'avons montré, la recherche de molécules actives, puis l'élucidation de leur mécanisme d'action, a pleinement participé à la construction des connaissances sur la régulation du métabolisme et de la prolifération (exemple du méthotrexate). La formulation de la théorie génétique du cancer, à partir des années 70, couplée à la naissance du génie génétique, a accentué cette logique. La recherche d'oncogènes, servant de base à la mise au point de thérapies ciblées, est devenue une activité centrale de la génétique la plus fondamentale, avec à la clé, la découverte de protéines centrales dans les réseaux de régulation intracellulaires (p53). Finalement, le réductionnisme, conçu, dans le sens de Waters (2014), comme un ensemble de techniques et d'outils s'avérant épistémiquement féconds, a rendu possible la formulation d'une étiologie du cancer, et la pleine intégration de la cancérologie dans le champ scientifique comme source de problèmes dynamisant la recherche et orientant l'acquisition de connaissances fondamentales. Nous allons affiner cette idée à travers notre seconde étude de cas, avant de tenter d'en tirer quelques conséquences épistémologiques plus générales.

VIII.4 Psychiatrie et neurobiologie

En pratique (...) le psychiatre du XX^e siècle dut se résoudre à administrer des traitements empiriques découverts par hasard. "C'est toujours par le hasard que tout commence. La science ne vient qu'après et elle raisonne sur ce que le hasard a montré", écrivait Claude Bernard. La naissance de la psychopharmacologie constitue une élégante illustration de la thèse du médecin français. C'est en tentant de mieux comprendre le mode d'action des thérapeutiques que l'on se mit à dévoiler les premiers éléments d'une pathophysiologie de la maladie mentale. Le modèle médical a fonctionné à l'envers. Paradoxalement, ce sont les traitements qui ont permis d'accomplir des progrès dans la connaissance des bases biologiques de la maladie mentale (Missa, 2008, p. 134).

L'empirisme thérapeutique ayant fleuri en psychiatrie durant le XX^e siècle est bien connu. Parmi d'autres, les travaux de l'historien de la biomédecine J-N. Missa (Missa, 2006, 2008), nous rappellent que l'exigence du soin pousse continuellement les psychiatres au-delà des frontières délimitant le savoir biologique formalisé. Comme il l'indique dans l'extrait précédent, cette dynamique a eu ceci de particulier qu'elle a orienté l'acquisition de connaissances fondamentales à la fois sur l'étiologie des maladies mentales, mais également sur le fonctionnement neurochimique du cerveau. L'objectif de cette section est de présenter, premièrement, l'évolution historique de cette intégration du problème exogène que représentent les pathologies mentales dans le champ de la neurobiologie. Nous verrons notamment comment, de manière analogue au cas du cancer, l'adoption des pratiques réductionnistes a fortement motivé cette dynamique.

Le passage de l'empirisme thérapeutique à l'explication étiologique des pathologies était présenté par Claude Bernard, rappelons-le, comme la caractéristique d'une médecine scientifique garante du progrès conjoint des savoirs biologiques et de la qualité des soins cliniques. Nous avons vu que la lutte contre le cancer n'avait qu'approximativement respecté ce modèle : la recherche des causes de la tumorigenèse n'a constitué que très tardivement une piste de recherche à part entière. La mise au point et l'amélioration de techniques de soin a dominé et guidé, durant les trois quarts du XX^e siècle, les pratiques scientifiques. L'étiologie des cancers n'est devenu un problème *authentique* pour le champ scientifique que lorsque la compréhension des causes est apparu comme une aide concrète à la découverte de traitements. Missa (2006) note la même dynamique dans le champ de la psychiatrie et l'attribue aux caractéristiques de l'objet sur lequel elle porte :

Il n'est pas étonnant que la psychiatrie mette encore plus de temps que les autres disciplines médicales à sortir de l'empirisme, en raison notamment de la *complexité particulière* de l'organe dont le dysfonctionnement est à l'origine des maladies mentales : le système nerveux central (Missa, 2006, p. 5, *nous soulignons*).

Nous verrons plus loin en quoi la complexité particulière du système nerveux central peut permettre d'expliquer cette dynamique d'acquisition des savoirs. Penchons-nous, avant cela, sur quelques traits marquants de l'histoire de la psychiatrie biologique.

Missa situe la naissance de la psychiatrie biologique à la fin du XIX^e siècle, avec l'apparition des premières tentatives de traitement du type malariathérapie. L'idée était d'utiliser les vertus thérapeutiques de la fièvre pour calmer les malades. Suivirent les thérapies de chocs, comme le coma insulinaire, le choc au cardiazol, les électrochocs (Missa, 2006, p. 97-120). Sans rentrer ici dans les détails cliniques de l'utilisation de ces traitements, deux points nous semblent importants pour notre réflexion. En premier lieu, l'empirisme thérapeutique dominait largement la recherche de techniques de soin. En retour, il n'y eu que peu d'élaboration théorique expliquant leur efficacité. Bien entendu, les cliniciens hasardaient des hypothèses sur le fonctionnement des traitements qu'ils administraient (p. 109), mais ils ne proposèrent aucune piste d'investigation permettant d'élaborer une théorie pathophysiologique des maladies mentales. En particulier, les résultats obtenus n'étaient pas problématisés de manière à constituer l'étape initiale d'une enquête sur les causes biologiques des troubles. Les exigences concrètes de la pratique clinique imposaient leur rythme et leurs questions au progrès des savoirs.

Deuxièmement, il est frappant de constater la *coexistence pacifique* entre des techniques de soin pourtant intellectuellement opposées. L'insulinothérapie était souvent couplée à une prise en charge psychothérapeutique. Ainsi, « les médecines qui pratiquaient les traitements biologiques n'étaient donc pas nécessairement hostiles à une approche psychothérapeutique » (p. 126). Réciproquement, les psychanalystes et psychothérapeutes n'étaient pas spontanément opposés à la combinaison de leur approche avec une prise en charge neuropsychiatrique. À propos du psychiatre suisse Eugen Bleuler (1857-1939), à l'origine des termes de schizophrénie et d'autisme, Missa écrit :

Le vieux Bleuler représentait l'exemple typique de cette attitude. Il pouvait écrire que la schizophrénie était une maladie neuropsychiatrique. Et en même temps, dans son livre sur la schizophrénie, il disait que le seul traitement valable qu'il connaissait, c'était la psychothérapie. Il y avait ce partage, cette juxtaposition d'une attitude très organiciste et en même temps une ouverture à la psychodynamique (Missa, 2006, p. 126-127).

Il y avait donc peu de fermeture théorique et conceptuelle entre les niveaux d'analyse. Le désir de cohérence intellectuelle dans les explications était subordonné à la nécessité du soin¹⁵⁵. Le critère de l'efficacité thérapeutique reste central dans l'orientation de la pratique clinique et de la recherche en psychiatrie. Dans ce cadre, une diversité de théories partielles et divergentes ont pu fleurir, faisant appel « à des facteurs anténataux, environnementaux, [à des] anomalies chimiques ou physiologiques du cerveau » (p. 349).

Finalement, malgré le développement des protocoles de soin d'inspiration biologique ou organiciste (insulinothérapie, cardiazol-thérapie...), les « techniques psychothérapeutiques et sociales » trouvent toujours des adeptes, car elles permettaient « d'obtenir des succès (...) durables » (p. 238). Bien entendu, il existe une dimension d'antagonisme et de lutte de pouvoir entre les techniques de soin (p. 238). Cependant, le point important, à nos yeux, est que l'opposition conceptuelle entre des cadres *intellectuellement incommensurables* en psychiatrie ne se répercutait pas, ou peu, dans les pratiques scientifiques. Ainsi, il est clair que les psychiatres que Missa qualifie d'« organicistes » (c'est-à-dire, développant des techniques de soin plutôt axés sur une conception biologique, neurologique de la maladie mentale) n'étaient pas dogmatiquement réductionnistes, dans le sens où ils ne rejetaient pas par principe toute approche de la pathologie mentale ancrée dans un niveau d'explica-

¹⁵⁵Nous retrouvons ici une idée proche de celle défendue par Longino à travers son « pluralisme pragmatique ». Cependant, nous en ferons dans le chapitre suivant une interprétation toute différente, en montrant qu'affirmer que l'unification des explications est et doit être subordonnée à la nécessité du soin ne conduit pas à rejeter par principe toute tentative d'intégration.

tion non strictement physiologique. *A fortiori*, ils n'étaient pas arc-boutés sur des positions rigides concernant la nature et les rapports du cerveau et de l'esprit. Symétriquement, les psychothérapeutes et psychanalystes ne soutenaient pas, intellectuellement, des positions anti-réductionnistes. Nous reviendrons plus en détail sur ce point dans la suite.

La découverte des psychotropes (molécules modifiant le comportement en agissant sur les récepteur neuronaux) à partir des années 1950 constitua « une révolution thérapeutique sans précédent » (p. 252). Comme dans le cas du cancer, l'identification de molécules actives est passée et passe encore par un grand nombre de voies heuristiques distinctes. De manière générale, ce ne sont pas des hypothèses sur les causes des pathologies qui ont guidé cette démarche de recherche, mais « le hasard et l'intuition d'expérimentateurs cliniciens ou pharmacologues qui encouragèrent les psychiatres à tester de nouvelles molécules sur les malades » (p. 251). Par exemple, la chlorpromazine, premier neuroleptique, a d'abord été utilisée en tant « qu'antihistaminique de synthèse pour potentialiser l'anesthésie pré-opératoire » (Missa, 2008, p. 135). C'est dans ce cadre que l'on « nota que la chlorpromazine provoqu[ait] un « désintérêt du malade pour ce qui se passe autour de lui », ce qui incita (...) des psychiatres à utiliser le produit sur des malades mentaux ». D'autres substances ont été identifiées à partir de l'effet psychomimétique (capable de mimer les effets de la psychose) des nombreuses drogues ayant envahi le marché dans les années 1960. Ainsi, l'halopéridol a été synthétisée comme antagoniste de l'amphétamine. Il avait en effet été observé, chez les sportifs, que cette dernière engendrait des comportements « semblables à ceux de la schizophrénie paranoïde ». En s'insérant dans une voie de recherche s'intéressant à la synthèse de morphinomimétiques (molécules mimant les effets de la morphine), le pharmacologue belge Janssen a mis au point ce traitement (p. 137).

L'identification de molécules actives ouvrit un espace complexe d'interactions entre la pratique clinique, l'étude étiologique des maladies mentales et la connaissance neurobiologique et neurochimique du système nerveux central. Il apparaît que « la découverte des nouveaux médicaments psychotropes ne fut pas la conséquence d'une meilleure compréhension du fonctionnement cérébral. C'est le contraire qui se produisit. Les recherches sur le mode d'action des neuroleptiques et des antidépresseurs engendrèrent un accroissement des connaissances dans le domaine de la neurochimie cérébrale » (Missa, 2008, p. 138). Précisons la nature de cette dynamique épistémique.

Dans les années 1950, à l'époque de la découverte des premiers neuroleptiques, les connaissances

du fonctionnement du cerveau à l'échelle cellulaire (neurones) et chimique (neuromédiateurs) étaient balbutiantes. On connaissait le mécanisme de transmission de l'influx nerveux, la nature des substances chimiques libérées par le nerf vague, notamment la noradrénaline. Cependant, « les mécanismes intimes de la neurotransmission restaient encore largement inexplorés » (Missa, 2006, p. 350). En outre, ces savoirs concernaient majoritairement le système nerveux périphérique. Certaines substances pouvant jouer le rôle de neuromédiateurs (sérotonine, noradrénaline) avaient été détectées dans le cerveau des mammifères, mais les mécanismes de leur action restaient très hypothétiques. Surtout, ces questions ne donnaient pas lieu à des dynamiques de recherche actives. En revanche, « à partir des années 1950, on assista à un intérêt croissant pour la biochimie cérébrale » (*Id.*). L'une des raisons principales en est, très clairement, l'apparition de traitements chimiques pour les pathologies mentales. Ces derniers ont rendu pertinente, aux yeux des scientifiques, la connaissance fine de la neurotransmission cérébrale et ont fourni des directions d'investigation structurées autour de questions de recherches motivées par l'étude des mécanismes d'action des nouveaux produits. En conséquence, « les recherches sur le mode d'action des neuroleptiques provoquèrent un essor considérable des connaissances sur la neurochimie cérébrale dont on ne connaissait encore rien au début des années 1950 » (*Id.*). Plus précisément, l'existence de neuromédiateurs et de récepteurs cérébraux, qui constituait une « hypothèse de travail » (p. 364), fut intensivement explorée, confirmée, précisée, affinée par les psychiatres orientant la recherche en neurobiologie. Plusieurs exemples peuvent permettre d'illustrer cette dynamique. Citons tout d'abord le cas de Joal et Charmian Elkes :

Après la guerre, Elkes, devenu directeur du département [de recherche sur les maladies mentales de l'université de Birmingham], fut chargé par les services secrets de Grande-Bretagne, d'étudier l'effet des anticholinestérasés qui avaient été mis au point par les Allemands pour être utilisés comme armes biologiques. Il commença donc à étudier l'action des anticholinestérasés dans le cerveau. À l'époque, les écrits sur la neurochimie étaient rares (...). Elkes, dans le cadre de ses recherches en psychiatrie expérimentale, s'intéressa aux psychotropes (...). Avec son épouse Charmian, Elkes commença alors à tester des substances psychoactives (amytal, amphétamine, mephènesine) sur l'animal et sur des malades de Birmingham. En 1953, il réalisa son essai clinique de la chlorpromazine (...). Joel Elkes fut un des premiers chercheurs à offrir une vision systématique du fonctionnement cérébral basé sur la présence de neuromédiateurs et de récepteurs (Missa, 2006, p. 355).

Ses publications (Elkes *et al.*, 1954) témoignent ainsi d'un désir de faire des tests cliniques qu'il menait une piste de recherche pour élucider les bases biochimiques du fonctionnement cérébral et du comportement.

L'étude des bases biochimiques de la dépression comme déficience en sérotonine se situe immé-

diatement dans cette lignée. Un panorama d'ensemble de la dynamique de recherche sur cet objet (le lien entre sérotonine et dépression) est intéressant pour mettre au jour les mécanismes d'interaction entre problèmes endogènes et exogènes dans la construction des connaissances. La sérotonine était initialement connue des médecins de part son rôle dans la régulation de la pression sanguine (agent vasoconstricteur) (Keppel-Hesselink, 1992). En 1953, Twarog et Page identifièrent sa présence dans le système nerveux central des mammifères (rats, chiens et lapins). D'autre part, le rôle de la sérotonine dans l'augmentation de la pression artérielle motiva l'équipe de Gaddum, du département de pharmacologie de l'Université d'Edimburgh, à lui chercher des antagonistes. Ils mirent ainsi en évidence le rôle de l'acide diéthylamide lysergique (LSD) comme antagoniste de la sérotonine (Gaddum, 1957). L'effet observé du LSD sur les processus cérébraux conduisit à formuler des hypothèses sur le rôle de la sérotonine dans le comportement sain et pathologique. Ainsi, Brodie étudia l'effet d'un autre indol antagonisant la sérotonine, la réserpine, chez le lapin :

Informé des travaux sur les rapports entre LSD et sérotonine, Bernard Brodie étudia les variations de la sérotonine dans le cerveau du lapin après administration de réserpine. Cette recherche avait été rendue possible par une avancée dans l'instrumentation permettant l'investigation du niveau de concentration de substances dans le cerveau (...). En rendant possible la mesure du taux de neuromédiateurs dans le cerveau, le spectrophotofluorimètre de Bowman permit des découvertes fondamentales pour la neurochimie naissante. Brodie eut ainsi l'opportunité de constater en 1955 que l'administration de réserpine engendrait une déplétion de la sérotonine dans le cerveau du lapin (...). Le lapin neuroleptisé de Brodie offrait un des premiers liens entre biochimie cérébrale et fonction mentale (...). Des chercheurs du monde entier, qui allaient devenir les pionniers de la psychopharmacologie, vinrent s'initier à la nouvelle technique de la spectrofluorométrie dans le laboratoire de Brodie (Missa, 2006, p. 364).

En parallèle, d'autres chercheurs travaillant auprès de Brodie dans les laboratoires des *National Institute of Health* à Bethesda établirent un lien plus précis entre l'inhibition des monoamines, comme la sérotonine, et la dépression. À l'origine de ces travaux, la découverte des premiers anti-dépresseurs, comme l'iprionazide. Cette molécule était, à la base, utilisée comme anti-tuberculeux. Son effet euphorisant sur les patients poussa les médecins à la tester, avec succès, comme anti-dépresseur (p. 321). On s'interrogea alors sur les mécanismes de son action et l'on observa qu'elle jouait le rôle d'inhibiteur de la monoamine-oxydase, elle-même impliquée dans la dégradation des monoamines cérébrales, dont la sérotonine. On émit donc l'hypothèse « que l'inhibition de la monoamino-oxydase provoquait une augmentation de la sérotonine cérébrale ou d'un dérivé de l'adrénaline » (Missa, 2006, p. 322). Finalement, « ces données semblaient confirmer que la dépression dépendait d'une diminution des monoamines cérébrales » (Missa, 2008, p. 139-140). Cela

conduisit les chercheurs de Bethesda à la théorie catecholaminique des désordres affectifs (Schildkraut, 1965). Plus largement, ce type de résultat a fortement motivé les recherches neurobiologiques vers l'élucidation des mécanismes d'action des traitements utilisés. « À l'intérieur de l'histoire des inhibiteurs de la monoamine-oxydase résident non seulement le secret du traitement de la dépression, mais aussi la clé qui nous permettra de parvenir à sa cause et à sa prévention », affirmait ainsi le psychiatre américain N. Kline en 1970, avant d'ajouter : « une porte est en train de s'ouvrir. Elle nous donnera accès aux mécanismes aux traitements de la schizophrénie » (Kline, 1970). En conséquence, la recherche de psychotropes et l'étude de leurs effets biochimiques constitua « une stratégie (...) d'interprétation neurochimique des causes des maladies mentales : déficit cérébral en sérotonine, déséquilibre entre la sérotonine et la noradrénaline, hyperactivité du système dopaminergique... » (Missa, 2006, p. 350). En retour, cette dynamique « allai[t] encourager les hypothèses théoriques sur les neurotransmetteurs et donner une impulsion majeure à la neurochimie cérébrale. L'étude du mode d'action des substances psychédéliques (LSD, mescaline, bufoténine, adrénochrome...) et des premiers neuroleptiques (chlorpromazine, réserpine) accéléra l'identification des neuromédiateurs centraux » (p. 357).

Au niveau institutionnel, des laboratoires multidisciplinaires se mirent en place, qui alliaient neurochimie, psychopharmacologie, neurophysiologie et clinique psychiatrique. C'est notamment le cas du groupe formé par Seymour Kety et Julius Axelrod, futur prix Nobel. Leur programme de recherche, fondé sur l'hypothèse d'une transmission neurochimique au niveau du cerveau, se focalisa sur l'étude des neuromédiateurs du système nerveux central. Ce programme a été motivé tout à la fois par la recherche de traitements pour la psychiatrie, un intérêt pour la compréhension du fonctionnement *générale* du système nerveux central, ainsi que par des progrès techniques en biochimie et en physiologie. Finalement, si « la découverte empirique des psychotropes (...) permis une meilleure connaissance de la neurochimie cérébrale », c'est en vertu d'une dynamique épistémique complexe où se mêlent différents types de problèmes endogènes et exogènes. Des développements techniques, d'une part, ont permis de fournir des mesures précises de l'activité cérébrale et des concentrations des neurotransmetteurs. Ces développements ont souvent été menés dans des contextes médicaux explicitement guidés par des problèmes exogènes. Le cas de la mesure du flux sanguin cérébral en est un bon exemple (Holzman et Sokoloff, 2001). En outre, la connaissance parcellaire des mécanismes de la transmission de l'influx nerveux au sein du système périphérique posait la question de la nature (électrique ou chimique) des processus à l'œuvre dans le système nerveux central. Enfin,

la recherche de nouveaux traitements aux maladies mentales, rendait également pertinente l'étude des mécanismes d'action des psychotropes. À la clé, la compréhension *générale* du ou des mécanismes des pathologies était un objectif théorique central du programme de recherche centré sur la neurotransmission cérébrale.

Le mot *général* doit, ici, être pris au sérieux. C'est bien, en effet, une unification des différentes perspectives sur l'étiologie des maladies mentales qui était visée. Comme le note Missa (2006), « le nouvel objectif théorique des psychiatres était de réinterpréter l'ensemble des données cliniques et expérimentales qui avaient été accumulées sur les psychotropes dans le cadre d'une théorie neurochimique des maladies mentales » (p. 353, *nous soulignons*). Cette ambition se retrouve dans l'enthousiasme des psychiatres et des neurobiologistes de l'époque, qui espéraient avoir accès aux *mécanismes* des pathologies (Kline, 1970). La théorisation de la discipline dans le cadre de la neurobiologie et de la neurochimie est donc devenue, soudainement, au gré de la logique interne des pratiques scientifiques, un objectif à poursuivre. Les problèmes exogènes posés par les pathologies mentales sont ainsi venus nourrir le champ scientifique et guider l'acquisition de connaissances fondamentales en biologie. La question qui se pose donc, à ce stade, est la suivante : quel lien entretient cette théorisation avec le réductionnisme, à la fois comme cadre épistémologique ou métaphysique et comme ensemble de pratiques et d'outils ? Comment l'apparition des explications neurochimiques de la maladie mentale influence-t-elle, très concrètement, sur la pluralité des théories et représentations ? Et sur les pratiques scientifiques en psychiatrie et en neurobiologie/neurochimie ? Finalement, comment doit-on gérer politiquement (c'est-à-dire *via* les mécanismes d'allocation des ressources) cette pluralité ? Ces questions demandent de se pencher plus finement sur le problème classique du réductionnisme : jusqu'à quelle limite peut-on et doit-on suivre des démarches réductionnistes pour *expliquer* les phénomènes complexes comme le cancer ou les pathologies mentales ? Plusieurs réponses y ont été apportées, qui mêlent les enjeux épistémologiques et politiques du débat. Nous présenterons, dans le chapitre suivant, les analyses de Longino et S. Mitchell. Nous montrerons que, chacune à la leur manière, elles pèchent par ce que nous appellerons un *anti-réductionnisme spéculatif*, qui sur-intellectualise la question du réductionnisme au dépend des pratiques scientifiques elles-mêmes. La thèse que nous défendrons sera alors la suivante : le réductionnisme est moins un cadre conceptuel rigide guidant la recherche qu'un ensemble de pratiques pragmatiquement sélectionnées pour leur fécondité épistémique. C'est ce réductionnisme pratique qui a permis d'intégrer au champ scientifique, pour son plus grand bénéfice épistémique, les problèmes exogènes que consti-

tuent les pathologies mentales et la tumorigenèse. Avant cela, dressons un court bilan des acquis de nos deux études de cas au regard de la question qui est la notre ici : l'interaction entre problèmes endogènes et exogènes et son rôle dans la construction des connaissances.

VIII.5 Bilan : complexité et interactions entre problèmes endogènes et exogènes

L'objectif de ce chapitre était de mettre au jour quelques mécanismes d'interaction entre problèmes endogènes et exogènes dans le cas particulier d'objets complexes. Nous avons (classiquement) reconnus comme complexes, à la suite notamment de S. Mitchell, les objets dont le comportement ou les modifications sont déterminés par une grande variété de chemins causaux, ancrés au moins en apparence dans des niveaux d'organisation distincts. Les cas d'étude choisis s'inscrivent dans cette définition, le cancer comme modification pathologique de la cellule vivante et les troubles mentaux comme atteinte du système nerveux central. Notons que nous qualifions de complexes les objets affectés par ces phénomènes ; bien entendu, ces phénomènes (le cancer et les pathologies psychiatriques) peuvent eux-mêmes être considérés comme complexes. En outre, on pourrait nous faire remarquer qu'en posant comme objet la cellule d'une part et le système nerveux central de l'autre, nous nous situons arbitrairement à un niveau d'organisation parmi d'autres possibles. Pourquoi ne pas considérer que l'objet affecté par la tumorigenèse est le tissu, l'organe, ou l'organisme tout entier ? De même, pourquoi ne pas localiser les pathologies mentales au niveau des comportements, ou des fonctions cognitives supérieures ? Notre formulation du problème est justifiée par le fait que nous ne cherchons pas à définir en théorie ce qu'est un système complexe, ou à prendre une position ontologique sur la structure des objets biologique. Notre raisonnement est ancré dans les pratiques scientifiques elles-mêmes. Si nous considérons l'apport des problèmes exogènes dans la connaissance de la cellule vivante et de la biologie/biochimie du cerveau, c'est que la question du cancer et des troubles mentaux a, très concrètement, guidé l'acquisition de savoirs fondamentaux sur ces objets. Notre objectif est de caractériser cette dynamique épistémique, afin d'affiner les conclusions établies dans le chapitre précédent.

Nous pouvons noter tout d'abord, dans les deux cas étudiés, la succession des mêmes grandes phases. Jusqu'au milieu du XX^e siècle, la dynamique épistémique est dominée par un fort empirisme médical. L'absence de modèle ou de théorie unifiée des pathologies conditionne la recherche de traitements et de techniques thérapeutiques à l'aveugle. La diversité des pratiques cliniques autorise le développement et la coexistence de plusieurs *représentations*, plus ou moins explicites, des phé-

nomènes. Le point important est que ces dernières étaient entièrement dépendantes de la pratique du soin : la formulation d'hypothèses explicatives, ou la mise en valeur de certaines propriétés des cellules ou des tissus tumoraux d'une part, et de la pathophysiologie des troubles mentaux d'autre part, ne *suscitait l'intérêt* qu'en tant qu'elle servait le clinique ou qu'elle donnait sens à ce qui y était observé. Ainsi, les représentations de la tumorigenèse qui étaient diffusées dans le champ scientifique incluaient l'opposition entre tumeur primaire et métastases, la notion d'irritation, le rôle du système immunitaire dans la régulation de la croissance cancéreuse, la sensibilité des cellules aux radiations. Ces représentations ne constituaient pas des modèles explicatifs ou étiologiques, mais une série de propositions éparses et déconnectées les unes des autres. De manière intéressante, les théories se voulant plus générales (comme la théorie virologique) ont longtemps été laissées spontanément de côté par la majorité de la communauté scientifique (incluant les cliniciens). De même, nous avons vu que la diversité des techniques de soin en psychiatrie entretenait le coexistence d'une variété de modèles, ancrés dans des niveaux d'organisation distincts. Ces différentes perspectives, plus ou moins formalisées et théorisées, étaient souvent mobilisées ensemble dans la pratique clinique. Cette dernière, en tant que réceptacle des problèmes exogènes posés au champ scientifique, prenait une part importante dans la production des connaissances fondamentales. Des structures comme l'Institut du Radium étaient pleinement intégrées à la dynamique épistémique de la biologie. Finalement, le soin médical, loin d'être une simple application de connaissances fondamentales, participait activement à sa constitution.

Cette idée générale vaut aussi, de manière peut-être plus frappante car plus proche de l'organisation contemporaine des systèmes de recherche, lors du tournant chimique qu'ont connu les domaines étudiés à partir des années 1950. Les développements de la chimiothérapie du cancer et des neuroleptiques en psychiatrie se sont pleinement intégrés dans des pratiques scientifiques manipulant et pensant les objets biologiques à l'échelle cellulaire et moléculaire. Nous avons vu, ainsi, comment la recherche des mécanismes d'action des traitements avait fortement motivé l'élucidation des réseaux de régulation moléculaire d'une part et la compréhension de la biochimie du cerveau de l'autre. À partir d'hypothèses lacunaires portant sur la neurotransmission, les réactions métaboliques intra-cellulaires, en encore la liaison protéine/récepteur, la recherche de thérapeutiques nouvelles a fortement contribué à la connaissance fondamentale des objets sur lesquels la médecine cherche à agir (la cellule et le système nerveux central). Ces observations nous permettent d'appuyer la thèse de Morrison (2011) : *il n'y a pas de différence épistémologique notable, pour ces objets, entre une*

science fondamentale qui serait uniquement dédiée à la résolution de problèmes éloignés de l'utile et une science inspirée par l'usage. Les interactions entre problèmes endogènes, soulevés dans le cours de l'enquête et problèmes exogènes, émergeant à l'extérieur du champ scientifique, sont plus fines qu'une telle catégorisation le laisse croire. Elles interviennent, de manière constitutive, aux sein des différentes dimensions de la pratique scientifique, de la mise au point de protocole et de techniques expérimentales à l'élaboration de théories générales du fonctionnement cérébral.

Nous retrouvons ici un certain nombre d'observations réalisées dans le chapitre précédent. Que l'on analyse les dynamiques épistémiques à l'œuvre dans les sciences biologiques du point de vue de l'histoire générale de la biologie moléculaire, ou d'objets plus spécifiques comme le cancer ou les pathologies mentales, une même conclusion s'impose : *le rôle central que jouent les considérations utilitaires dans l'acquisition des connaissances en biologie ne permet pas de distinguer de manière nette une science fondamentale d'une science inspirée par l'usage dans leurs apports épistémiques.* Un modèle plus complexe, reconnaissant l'entrée constitutive, aux différents niveaux de la pratique scientifique, de problèmes exogènes, semble plus adapté. En particulier, la *finalization thesis* ne rend pas bien compte des mécanismes d'orientation du progrès scientifique dans ces domaines. Cette idée s'impose avec plus de force encore après analyse des études de cas proposées ici : l'exigence du soin y guide la construction des connaissances dans toutes les phases du développement scientifique. Revenons maintenant à la question ayant servi de point de départ à ce chapitre : peut-on lier cette dynamique à une caractéristique ontologique des objets concernés – notamment, leur complexité ?

Nous avons défini la complexité en termes de variété des chemins causaux déterminant le comportement de l'objet considéré. Nous avons en outre précisé que ces chemins causaux étaient, au moins en apparence, ancrés dans des niveaux d'organisation distincts. Dans ce cadre, l'acquisition de connaissances sur ces objets complexes passe soit pas la simple identification de ces différents chemins causaux, soit par leur intégration. Pour prendre un exemple développé par Mitchell (2009), à partir des études de Kendler *et al.* (2002, 2005), les épisodes de dépression profonde (*major depressive disorders*) sont dus à « de multiples facteurs (...) incluant les risques génétiques, l'anxiété, le comportement des parents, des événements survenus dans l'enfance et les conditions socio-économiques » (p. 7). Selon son modèle de pluralisme intégratif que nous détaillerons dans le chapitre suivant, une explication mécaniste correcte d'une instanciation particulière du phénomène de dépression devra donc déterminer la part que prend chacun de ces déterminisme causaux dans sa manifestation.

Dans ce cadre, l'intégration est pensée comme non réductive. En théorie, on peut également imaginer des intégrations réductives, où, par exemple, les interactions entre l'environnement et les gènes sont décrites à l'échelle cellulaire ou moléculaire¹⁵⁶. Dans ce cas, tous les facteurs sont ramenés à un même niveau causal pour construire un modèle du mécanisme¹⁵⁷ de l'épisode dépressif en question. Différents types de connaissances sont donc susceptibles d'être produites à propos de ces objets complexes¹⁵⁸ : identification de chemins causaux disjoints, intégration donnant une explication *mécaniste* réductionniste¹⁵⁹ ou non réductionniste¹⁶⁰. Que l'on considère que l'intégration (réductionniste ou non) est un objectif que la science cherche effectivement à atteindre, ou devrait chercher à atteindre, ou au contraire, que c'est une illusion dont il faut se débarrasser, le niveau *minimal* de connaissances que l'on peut acquérir à propos des objets complexes consiste donc en la mise en évidence de chemins causaux, ou de mécanismes partiels¹⁶¹ déterminant son comportement. La thèse que nous défendons, à ce stade, est la suivante : l'intégration de problèmes exogènes dans le champ scientifique favorise l'identification et la caractérisation de cette variété de chemins causaux/de mécanismes. Plusieurs registres d'arguments peuvent venir soutenir cette thèse. Le premier d'entre eux se déduit de la logique interne de la recherche scientifique. Si le comportement d'un objet donné (par exemple, une cellule vivante) est déterminé par un grand nombre de chemins causaux se manifestant au sein de niveaux d'organisation distincts (gène, tissu, organe, organisme), alors la mise en évidence de ces déterminations et donc la connaissance de cet objet, est favorisée par la co-existence de pratiques scientifiques motivées par des objectifs hétérogènes. Or, comme nous l'avons suggéré dans la partie 2, la multiplication des objectifs poursuivis *n'est pas* une tendance endogène au champ scientifique. En revanche, la prise en compte de problèmes exogènes est susceptible d'aller contre ce *conservatisme pratique*, en y introduisant de nouvelles pratiques. Celles-ci constituent de nouvelles voies de recherche au sens large, portées par des questions techniques, ou théoriques. Ces voies de recherche enrichissent le savoir sur l'objet complexe considéré, en contribuant à identifier des mécanismes ou des chemins causaux inconnus.

¹⁵⁶Nous précisons cette idée dans le chapitre suivant, qui adopte une conception de l'explication en termes d'interactions entre des entités constitutives de mécanismes hiérarchiquement organisés.

¹⁵⁷Nous approfondirons cette notion de mécanisme dans le chapitre suivant.

¹⁵⁸La question de savoir si ces connaissances ont la même valeur épistémique, si elles sont toutes atteignables, si certaines sont préférables à d'autres, etc. n'est pas considérée ici. Nous prolongerons la réflexion dans cette direction au cours du chapitre suivant.

¹⁵⁹Défendue et exemplifiée, dans le domaine des neurosciences, par Bickle (2003, 2006, 2008).

¹⁶⁰Type d'explication défendue, dans le cas de la psychiatrie, par Faucher (2006) ; Mitchell (2008) ; Woodward (2008).

¹⁶¹La distinction entre ces deux types d'explication n'a pas d'importance pour le présent raisonnement.

Ce raisonnement théorique peut être exemplifié en développant un deuxième type d'argument, directement issu des analyses empiriques proposées dans ce chapitre et le précédent. Nous avons montré, en effet, comment l'exigence du soin avait conduit à diversifier les pratiques cliniques. Cette diversification était accompagnée d'une multiplication des perspectives, des modèles, des représentations de la pathologie étudiée d'une part, mais également de l'objet qu'elle touchait. Ainsi, l'apparition des traitements biologiques (insulinothérapie, choc au cardiazol) a facilité le développement d'une représentation neuropsychiatrique de la maladie mentale, qui est venue se superposer à la vision qu'en proposait la psychanalyse et la psychothérapie. Après le tournant chimique ayant modifié profondément les pratiques à la fois en cancérologie et en psychiatrie, la recherche de nouveaux traitements et l'élucidation de leur mécanisme d'action a fortement dynamisé l'identification des réseaux de régulation intracellulaire d'une part, et des mécanismes de la neurotransmission d'autre part. À ce stade, l'exigence du soin a également poussé à un renouvellement constant des pratiques, en définissant continuellement de nouveaux objets de recherche – les nouvelles molécules chimiothérapeutiques, ou les nouveaux neuroleptiques. Ces voies de recherche ont permis d'identifier de nouveaux chemins causaux, comme l'illustrent les nombreux exemples que nous avons donnés (l'étude du mécanisme d'action des antagonistes de l'acide folique, des thérapies anti-VEGF, des molécules utilisées comme antidépresseurs).

Deux remarques s'imposent ici. Contrastons tout d'abord ces observations avec celles réalisées par le groupe de Starnberg dans le cas de la physique, en particulier celui de la mécanique classique et de la mécanique quantique. Sur la base de ces exemples, la *finalization thesis* postule l'existence d'une phase dans la maturation des disciplines où le développement scientifique est et doit être exclusivement *interne*. Cette phase « paradigmatique » consiste en l'intégration en une théorie unifiée de la diversité des modèles élaborés durant la phase « pré-paradigmatique ». La conclusion majeure de nos analyses consiste à remarquer que cette phase paradigmatique n'est pas identifiable dans les divers champs des sciences biologiques que nous avons examinés. La perméabilité aux problèmes exogènes y est *constitutive* et *permanente*. Précisons quelque peu cette idée. Si l'on tente de connecter, autant que faire se peut, nos observations avec les phases identifiées par le groupe de Starnberg, il est possible de faire correspondre, en première approximation, leur phase « pré-paradigmatique » avec l'étape marquée par la domination de la médecine empirique. Il est évident qu'ici, la pression des problèmes exogènes est prépondérante. Il est également possible d'assimiler les « super-paradigmes » élaborés durant la phase interne du développement scientifique au cadre théorique souvent qualifié

de *réductionniste* en biologie : ce dernier tend en effet à intégrer le fonctionnement des cellules, des tissus et de l'organisme, au niveau d'explication biomoléculaire et biochimique. Ainsi, Morange (1994) s'attache-t-il à montrer la domination exercée par la biologie moléculaire, en tant qu'ensemble de concepts et de pratiques, sur l'ensemble des sciences biologiques. Cependant, nous avons montré dans le chapitre précédent à quel point le développement de ce cadre constitué par la biologie moléculaire avait été tributaire de l'intégration de problèmes exogènes au sein du champ scientifique. De même, si l'on considère qu'une certaine forme de réductionnisme, qu'il faudrait encore préciser, constitue un cadre explicatif privilégié dans les sciences contemporaines pour rendre compte des phénomènes complexes comme la tumorigenèse ou les troubles mentaux, ce dernier n'est pas non plus le produit d'un développement strictement interne des sciences biologiques. Comme nous l'avons vu, la recherche de traitements chimiques a permis de développer et d'affiner la connaissance des réseaux de régulation moléculaire d'une part et les théories neurochimiques des maladies mentales d'autre part. Finalement, on peut considérer que la phase « paradigmatique » est entièrement fondue dans la phase « post-paradigmatique ». On retrouve en effet, de la seconde moitié du XX^e siècle à aujourd'hui, les conditions épistémiques prévalant dans cette dernière, dans la définition qu'en donne Böhme *et al.* (1983) : développement d'un modèle général (la régulation de l'activité cellulaire par des réseaux protéiques et la neurotransmission chimique dans le système nerveux central) dans de multiples directions et équivalence épistémique des sciences pure et inspirée par l'usage.

Ces analyses suggèrent donc que, comme nous l'avons supposé à la fin du chapitre précédent, l'écart des sciences biologiques vis-à-vis du modèle de la *finalization thesis* peut être imputé à la complexité des objets qu'elles étudient. La connaissance que l'on peut acquérir de ces objets passe en effet par l'identification d'une grande diversité de mécanismes ou de chemins causaux, éventuellement ancrés dans des niveaux d'organisation distincts. Dans ce cadre, l'intégration de problèmes exogènes contribue de manière constitutive à la construction des savoirs, *et ce dans toutes les phases de maturation des disciplines considérées*. Par contraste, un grand nombre de recherches menées en physique, portant sur des objets non complexes dans le sens que nous avons donné à ce concept (par exemple, la formulation d'une théorie unifiant relativité générale et mécanique quantique, ou les expériences menées dans le cadre de la physique des particules) semblent, à première vue, répondre mieux au modèle de la *finalization thesis* : le développement des cadres théoriques, conceptuels, l'élaboration des lois fondamentales de la matière, y est en effet sans doute plus interne que l'acquisition des savoirs en biologie moléculaire, cellulaire et en neurobiologie. Bien entendu, cet argument

ne préjuge en rien de l'exactitude du modèle de Böhme *et al.* pour les exemples qu'ils développent. Un examen historique plus serré des cas qu'ils proposent serait ici nécessaire. Notre propos consiste à montrer qu'il existe au moins un facteur ontologique (la complexité) conditionnant une perméabilité plus grande que ne le suggèrent Böhme *et al.* (1983) aux problèmes exogènes. Plus précisément, nos analyses portent sur la complexité de certains objets biologiques. Elles gagneraient donc à être complétées par des analyses similaires menées dans d'autres disciplines, portant sur des objets non biologiques, que l'on pourrait qualifier de complexes. Le cas des sciences du climat, développé également par Mitchell (2009), pourrait ici constituer un champ d'étude pertinent.

Nous ne nous aventurerons pas plus loin sur cette voie dans la présente thèse. En revanche, un point a été soulevé à plusieurs reprises au cours de nos études de cas, qui mérite qu'on s'y attarde : quel rapport peut-on établir entre la perméabilité constatée aux problèmes exogènes et la notion de *réductionnisme* en sciences biologiques ? Si les objets complexes rendent théoriquement nécessaires l'identification de différents mécanismes ou chemins causaux, situés à des niveaux d'organisation distincts, comment cette ouverture du champ scientifique influe-t-elle précisément sur la pluralité des explications ? Nous avons noté, en introduction, que des auteurs comme Mitchell et Longino entretiennent, avec des nuances qui leur sont propres, un pluralisme *normatif*, érigé en principe méthodologique devant guider la dynamique des sciences. Elles lient ce pluralisme à un certain pragmatisme mettant en avant la nécessité de l'action comme moteur de la construction des savoirs. Dans la perspective épistémologique *et* pratique qui est la notre, la légitimité de ce type de position se doit d'être examinée finement. Le chapitre suivant est dédié à cette question.

Après avoir présenté et contrasté les positions de Longino et Mitchell sur le pluralisme dans le cas des objets biologiques complexes, nous montrerons qu'elles partagent un argument général de ce type : si le type de représentations que nous construisons sur le monde est dépendant de nos *intérêts* (au sens large), alors il est pratiquement légitime et épistémiquement fécond de favoriser le pluralisme explicatif. Cette équation se fonde sur une conception utilitariste de la notion d'intérêt, centrée sur la nécessité de l'action, de l'intervention sur les phénomènes. Or, nous avons vu que les interactions entre les différents niveaux de la situation dégagent une image plus compliquée de ce que sont les objectifs de la science et de la logique interne de l'enquête. Nous montrerons alors, en nous appuyant à la fois sur les conclusions de la partie 2 et sur les études de cas proposées ici, que des positions comme celles de Longino et Mitchell entretiennent une forme d'*anti-réductionnisme spéculatif* que les éloigne de la tradition pragmatiste dont elles se réclament. Cet anti-réductionnisme

spéculatif situe mal les contraintes pesant sur le progrès des connaissances, en surestimant le rôle des positionnements ontologiques et en sous-estimant celui joué par la logique interne de l'enquête dans la dynamique épistémique du champ scientifique. Cette conclusion a des conséquences importantes pour la question du pilotage des sciences, que nous examinerons plus en détail dans la partie 4.

CHAPITRE IX

L'ANTI-RÉDUCTIONNISME SPÉCULATIF. CRITIQUE ÉPISTÉMOLOGIQUE ET IMPLICATIONS POUR LES POLITIQUES SCIENTIFIQUES

IX.1 Introduction

Le débat philosophique actuel sur l'unité ou la pluralité des sciences frappe d'emblée par son caractère multiforme (...). Peut-on attendre de nos théories qu'elles constituent une structure unique, de type réductive, ou nos connaissances théoriques forment-elles une sorte de patchwork dont les pièces demeurent autonomes les unes des autres ? La coexistence de plusieurs modèles incompatibles d'un même phénomène peut-elle être épistémiquement satisfaisante, ou doit-on attendre une convergence des représentations que nous délivre la science ? (Ruphy, 2013, p. 9).

La pluralité des représentations et des théories dans certains domaines de la science est un fait et ce « fait n'est pas une surprise » (Mitchell, 2002, p. 55) : il suffit pour s'en convaincre de porter notre regard sur la diversité actuelle des approches, des spécialités, des disciplines, portant parfois *sur les mêmes objets* et toujours *sur le même monde*. Pourquoi ce fait de la pluralité est-il alors matière à controverses philosophiques ? En premier lieu, parce-qu'on attend de la science qu'elle nous dise *quelque chose* du monde. La diversité des perspectives qu'elle nous délivre bouscule donc nos intuitions monistes : s'il n'y a qu'*un* monde, doit-on attendre que les représentations que nous en offre la science finissent pas converger ? Une tension s'installe ici entre métaphysique et épistémologie, interrogeant à la fois la structure du monde et nos limitations cognitives afin d'établir les responsabilités face au fait de la pluralité. Cette tension justifie pleinement l'existence d'un débat de philosophes sur l'unité ou la pluralité des sciences. Cependant, la question qui nous préoccupe ici est celle des implications de ce débat pour le champ scientifique lui-même : quelle forme prend la dynamique d'acquisition des savoirs dans des domaines où la pluralité est particulièrement présent ? Comment alors penser la gestion et l'attribution des ressources aux différents projets envisageables ? Bien entendu, ces problèmes se posent avec d'autant plus d'insistance que les objets ou phénomènes étudiés sont fortement liés à des enjeux externes au champ scientifique – sociaux, sanitaires, éco-

nomiques. Nous avons vu que des pistes de réflexion avaient été ouvertes qui pensent la prise de décision politique dans un contexte d'incertitude entretenu par la coexistence d'une pluralité d'avis, de perspectives sur un même objet (Funtowicz et Ravetz, 2001b). Comme nous l'avons noté, ces travaux se désengagent cependant des dimensions épistémologiques du problème et n'apportent pas de réponse satisfaisante à la question du type de connaissance que l'on peut espérer construire sur ces objets.

Dans cette section, nous commençons par contraster le pluralisme radical de Longino, qu'elle applique notamment à l'étude du comportement humain, et le pluralisme intégratif de Mitchell. Nous montrons notamment que ces deux approches, bien que manifestant une tolérance distincte à l'idée d'intégration, partagent une même tendance à formuler des prescriptions méthodologiques (et politiques, c'est-à-dire touchant à l'attribution des ressources au champ scientifique) ancrées dans des prises de position métaphysique sur la structure ontologique du monde naturel d'une part et dans une vision faussée de l'activité scientifique d'autre part. Dans un second temps, nous proposons une critique de leur anti-réductionnisme *spéculatifs* (et du pluralisme qui en découle) sur la base des analyses menées dans la partie 2 et de données empiriques prolongeant les études de cas présentées dans le chapitre précédent¹⁶².

IX.2 Le pluralisme radical de Longino

Il y a plusieurs réponses philosophiques à la pluralité dans un domaine donné des sciences. Un moniste soutiendra que si un domaine est caractérisé par de multiples approches incompatibles, c'est une phase temporaire ; il doit y avoir au bout du compte un modèle complet de tous les phénomènes. Des formes modérées de pluralisme supposent que la pluralité des questions supporte des approches différentes et non-réductibles, mais toujours compatibles (...). Le monisme et le pluralisme modéré voient tous deux la pluralité comme éliminable. Cependant, des formes radicales de pluralisme soutiennent qu'il existe des domaines d'investigation caractérisés par une pluralité de théories non éliminables (...) et que cette situation ne doit pas être jugée comme un échec (Longino, 2013, p. 137).

Le pluralisme que professe Longino dans son ouvrage de 2013, portant sur l'étude du comportement humain, affirme et défend l'existence d'une pluralité de théorie par nature irréductibles dans l'étude de certains objets – dans son cas, le comportement humain. En particulier, elle pose

¹⁶²Ce chapitre reprend en partie des arguments développés dans « SMT or TOFT? How the Two Main Theories of Carcinogenesis are Made (Artificially) Incompatible » (Bedessem et Ruphy, 2015) et « SMT and TOFT Integrable After All : A Reply to Bizzarri and Cucina » (Bedessem et Ruphy, 2017).

l'*impossibilité* générale d'expliquer les propriétés de ce dernier (mettre au jour les mécanismes qui le sous-tendent) en réduisant les théories existantes les unes aux autres (ou les unes à une autre). Longino opère donc un mouvement de l'épistémologie vers la métaphysique et retour. Elle infère en effet de la difficulté à intégrer la pluralité des théories des conclusions générales portant sur la structure du monde naturel :

Bien qu'il soit possible de modéliser la manière dont une telle intégration fonctionnerait, il devient vite difficile de déterminer empiriquement quelle intégration est correcte parmi les nombreuses possibles. Nous restons alors *métaphysiquement* restreints au fait que de multiples facteurs sont intégrés dans notre monde, sans être pour autant capable de démontrer la supériorité relative de l'un de nos modèles (...). *Épistémologiquement*, on apprend plus d'un système en utilisant des représentations partielles multiples (...) plutôt qu'en essayant d'obtenir une représentation complète de toutes les interactions causales (Longino, 2013, p. 147, *nous soulignons*).

En retour, elle déduit de sa prise de position métaphysique une injonction *méthodologique* : le fait de chercher à obtenir une représentation complète « de toutes les interactions causales » est une impasse épistémologique. Cette position est illustrée à travers l'analyse, à la fois descriptive et normative, des interactions entre les différentes disciplines et spécialités étudiant le comportement humain. Dans ce cas, en particulier, « notre compréhension ne *doit* pas passer par l'intégration des différents modèles, mais par la reconnaissance que chacun de ces modèles représente un aspect du système » (*Id.*, *nous soulignons*). Selon Longino, ces différents modèles sont fournis notamment par « la génétique moléculaire, les approches socio-environnementales, les approches neuro-anatomiques et l'approche populationnelle » (p. 3). Son travail consiste alors à montrer que ces approches sont incompatibles et que chacune constitue « un savoir partiel, conditionné par une caractérisation particulière de ce qu'[elle]appelle le paysage causal » (p. 15). Le pluralisme radical de Longino, appliqué à ce cas d'espèce, l'amène alors naturellement à affirmer l'impossibilité d'une intégration entre ces différentes stratégies. « [Celles-ci] pourraient résulter en une discipline unitaire, avec une seule approche et une seule théorie » nous dit-elle, avant d'ajouter qu'« elles peuvent également résulter en des disciplines multiples, avec de multiples approches et théories » (p. 14). Non seulement elle le peuvent, mais elles le doivent : il faut en effet, selon elle, accepter la pluralité des théories comme l'approche la plus pertinente épistémiquement et ne pas chercher d'intégration. Or, Longino constate que les chercheurs eux-mêmes sont loin d'accepter cet état de fait :

Les chercheurs eux-mêmes adoptent une attitude dialectique caractérisée par le monisme : une approche émergera comme la seule bonne ; elle sera exclusive et

fondamentale. Les résultats des approches alternatives devront être exclus ou expliqués par le cadre théorique dominant (Longino, 2013, p. 141).

Pour Longino, une des explications à ce refus de la pluralité vient d'une crispation du débat autour de positions intellectuelles antagonistes :

Les partisans des approches génétiques, ceux des approches environnementales et ceux des approches développementales traitent la situation comme un conflit entre des positions intellectuelles antagonistes. Chacun considère en outre que la théorie opposée est toujours, bien que faussement, la plus généralement acceptée (Longino, 2013, p. 138).

Ces positions intellectuelles antagonistes, elles résident par exemple dans l'opposition frontale entre nature et culture (p. 9). Pour Longino, les scientifiques étudiant le comportement humain ont tendance à prendre position, au moins implicitement, dans ces débats philosophiques fondamentaux et insolubles et construisent ainsi un rejet systématique et entier des théories adverses. L'idée centrale irriguant tout son travail sur l'étude du comportement consiste à opposer cette attitude, qu'elle associe à la « recherche académique », à celle des « cliniciens ». Les premiers « ergotent sur la compatibilité de leurs conceptions », alors que les seconds « doivent se contenter de la multiplicité des cadres d'interprétation pouvant guider leur pratique » (p. 144). Cet antagonisme lui permet alors de dissoudre le problème du pluralisme dans celui de l'*intervention* sur les phénomènes :

Un des problèmes posés par le pluralisme est celui de l'intervention (c'est-à-dire de la science appliquée), dans un contexte de multiplicité des approches. Cette question prend place au sein d'une description erronée de la connaissance scientifique, qui sépare le savoir pur de ses applications et suppose que la recherche pure fournit le modèle explicatif d'un phénomène et que ce modèle peut ensuite être appliqué à la résolution de problèmes pratiques (Longino, 2013, p. 149).

En d'autres termes, le problème du pluralisme n'en est un que si l'on adopte une perspective « erronée » sur la dynamique d'acquisition des connaissances scientifiques, correspondant en fait au modèle linéaire de l'innovation. Si l'on considère que la connaissance des lois générales à l'œuvre dans l'émergence d'un comportement pathologique est nécessaire à son traitement, la pluralité des théories est embarrassante. En revanche, si l'on considère que l'action, l'intervention, peut se passer d'une telle intégration théorique, le pluralisme devient, selon les mots de Longino, « pragmatique ». On se sert de différentes approches dans la mesure où celles-ci *fonctionnent*. En conséquence, les scientifiques *doivent*, ou devraient accepter, de reconstruire l'étiologie des maladies mentales sur la base d'une causalité interventionniste inspirée des travaux de Woodward. Rappelons simplement,

pour saisir l'argument de Longino, que cette conception de la causalité postule qu'

une condition nécessaire et suffisante pour que X soit une cause directe de Y par rapport à un ensemble de variables V est qu'il soit possible d'intervenir sur X de manière à modifier Y , ou la distribution de probabilité sur Y , lorsque l'on fixe à une valeur particulière les autres variables Z_i dans V (Woodward, 2003, p. 59).

Autrement dit, X est une cause de Y si une modification de X génère une modification de Y , toutes choses égales par ailleurs. Longino en déduit que l'on peut identifier les causes d'une pathologie mentale en intervenant, dans un contexte clinique, sur cette pathologie. Afin de construire cet argument, elle s'appuie sur les travaux de psychiatres contemporains (Kendler, 2008, 2009) ayant réinvesti la question de l'étiologie des maladies mentales en mobilisant la causalité interventionniste. Longino lit leur tentative comme suit :

Les auteurs [Kendler et *al.*] utilisent la causalité interventionniste de John Woodward pour affirmer qu'une compréhension plus efficace des troubles psychiatriques est atteinte en identifiant les interventions qui augmentent ou réduisent l'incidence d'un désordre donné (...). Le pragmatisme de l'interventionnisme de Kendler doit permettre de dresser des cartes guidant l'action sans privilégier de mécanisme causal particulier (Longino, 2013, p. 149).

On voit aisément comment porte l'argument de Longino. En se concentrant sur l'analyse de ce qui fonctionne et de ce qui ne fonctionne pas, on n'accepte aisément la pluralité des approches et des cadres intellectuels qui les sous-tendent. Voici comment Kendler lui-même expose sa méthode :

La diversité des méthodes de recherche appliquées aux désordres psychiatriques résulte en une quantité pléthorique et déroutante de relations causales. Pour y voir plus clair, le modèle interventionniste (IM) de la causalité est attractif à plus d'un titre. Premièrement, il connecte la causalité avec les intérêts pratiques de la psychiatrie, en la définissant comme « ce qui arriverait si l'on intervenait sur le système », une question importante pour ceux qui cherchent à prévenir et traiter les maladies (...). Troisièmement, l'IM est non réductif et agnostique quant à l'antagonisme corps-esprit. Quatrièmement, le modèle IM sépare clairement la question de la causalité de celle des mécanismes sous-jacents. Clarifier l'influence causale peut structurer utilement la recherche de ces mécanismes. Cinquièmement, il offre une nécessaire rigueur conceptuelle à la modélisation multi-échelle (...). Enfin, l'IM fournit un modèle cadre empirique unique et simple pour évaluer la pertinence des affirmations ayant trait à la psychiatrie, tout en évitant les arguments métaphysiques stériles à propos du corps et de l'esprit (Kendler, 2009, p. 881).

Cet extrait permet de percevoir le glissement argumentatif qu'opère Longino, la conduisant à inférer de sa défense du « pluralisme pragmatique » une critique de la science « académique ». Car certes, Kendler insiste sur les intérêts pratiques de la psychiatrie (la prévention et le traitement

des maladies). Certes, il note que le modèle interventionniste n'est pas « réductif » et qu'il laisse donc place à un grand nombre d'approches théoriquement disjointes. Cependant, il place également comme objectif la recherche des mécanismes sous-jacents aux pathologies mentales, ainsi que l'élaboration de « modèles multi-échelles ». En d'autres termes, son rejet explicite des « arguments métaphysiques stériles » ne va pas de pair avec un rejet de la recherche de théories, d'explications mécanistes ou de lois générales comme horizon de la psychiatrie. Cette posture apparaît très clairement dans l'introduction de son article de 2008, intitulé “Explanatory Models for Psychiatric Illness” (Kendler, 2008). Il nous apparaît utile, pour la suite de notre réflexion, de citer intégralement le passage en question, riche d'enseignements pour mettre en évidence les flottements de l'argumentation de Longino :

Un modèle scientifique approprié à la psychiatrie doit mettre l'accent sur la compréhension des mécanismes. Cette approche correspond bien à un cadre multi-causal et fournit un paradigme réaliste pour le progrès scientifique, se fondant sur la compréhension des mécanismes *via* la décomposition et le ré-assemblage (...). Je montre comment ces progrès peuvent être faits en utilisant cette approche de décomposition et ré-assemblage malgré la complexité et la nature non-additive des processus étiologiques impliqués. Qu'est-ce que j'appelle une approche mécaniste ? Les différences entre les approches réductionnistes, mécaniste et émergentistes peuvent être illustrées à l'aide d'une petite histoire. Supposons que notre tâche soit de comprendre un système de chauffage. Le réductionniste radical identifie le thermostat comme le caractère fondamental du système – celui qui conduit les processus basiques. Il le prend à part et explique son fonctionnement à partir de principes d'ingénierie bien connus. Alors, il pourra affirmer : « tout est là ». L'émergentiste radical fait un graphe des fluctuations de température dans la pièce, découvre des rythmes circadiens et les prédit avec un système statistique complexe. Il conclut alors : « tout est là ». La recherche orientée mécaniquement analyse la pièce comme un système complexe à plusieurs niveaux, incluant un thermostat, des conduites, des gains et pertes de chaleur, un degré d'isolement, une alternance de saisons, des activités humaines. Elle développera un modèle de travail complexe basé sur une compréhension des différentes parties du système de leurs interactions, afin de fournir la « meilleure explication ». En suggérant d'adopter une approche mécaniste de l'explication en psychiatrie, je veux dire que celle-ci doit rendre compte des *mécanismes causaux* et de la manière dont ils *s'instancient dans le monde*. Notre tâche est de clarifier les mécanismes qui sous-tendent et ont un impact sur les processus du cerveau ou de l'esprit tels que l'humeur, la perception, la formation des croyances *de telle manière que nous puissions comprendre les mécanismes causaux par lesquels ils se désorganisent dans les maladies psychiatriques* (Kendler, 2008, p. 696, *nous soulignons*).

En mobilisant les travaux de Kendler à l'appui de son « pluralisme pragmatique », Longino ignore leur dimension proprement épistémologique : l'objectif de Kendler reste de proposer une explication intégrant, autant que faire se peut, les différents niveaux constituant le système complexe. La « décomposition », phase d'acceptation d'une pluralité des cadres explicatifs et/ou des approches

empiriques, ne fait que précéder un « ré-assemblage » visant à comprendre les mécanismes causaux sous-tendant les maladies psychiatriques. Les démarches interventionnistes, propres à la pratique clinique, s'inscrivent dans ce cadre comme des modalités particulières d'acquisition de connaissances sur les mécanismes causaux à l'œuvre. Leur mise en évidence n'exclut pas les tentatives d'intégration en vue d'obtenir des modèles plus généraux des pathologies mentales. On le voit, l'objectif de Kendler n'est pas de dissoudre la question du pluralisme dans celle de l'intervention, comme Longino, mais bien plutôt de trouver un cadre permettant de rendre compte, d'un point de vue théorique, de la coexistence de cadres de recherche disjoints. Ainsi, il note bien que « la biologie permettra de préciser, mais ne remplacera pas la psychologie dans nos systèmes explicatifs. Les interactions itératives entre la biologie et la psychologie approfondiront notre connaissance de ces deux domaines » (Kendler, 2008, p. 695). Kendler explicite relation entre les théories de plus bas niveau (biologie, neuroscience, génétique) et les théories de haut niveau (psychologie, sociologie) en notant que « les théories les plus fondamentales fournissent les détails mécanistes de la manière dont s'accomplissent les fonctions proposées par les théories plus abstraites. Dans ce cas, les théories de haut et bas niveau travaillent ensemble pour fournir une explication complète. Les premières ne remplacent pas les secondes » (p. 702). En d'autres termes, la psychologie permet d'identifier des *fonctions* et les neurosciences « clarifient la manière dont le cerveau [le] réalise » (p. 695). Ainsi, la première reste nécessaire pour *guider* la seconde, lui fournir ses objets de recherche. De manière intéressante, Kendler s'inscrit, comme Longino, en faux contre les « modèles traditionnels de la science, qui voient la découverte des lois fondamentales comme le but ultime ». Il critique une vision selon laquelle « la science devrait chercher à expliquer tous les détails du fonctionnement de notre univers à partir de quelques principes de base, comme les lois de Newton. Les modèles traditionnels de la science », ajoute-t-il, « voient les explications comme émanant de tels principes fondamentaux vers le monde observable » (p. 696). Il note que ce modèle, selon lequel « tous les processus causaux réels devraient être compris depuis une perspective unique et un ensemble de lois » vient de la physique et « ne s'applique pas aux sciences biologiques et à la sociologie ». La question se pose, bien entendu, de savoir si ce programme réductif intransigeant est véritablement celui de la physique et si quelqu'un a déjà soutenu sérieusement qu'il pouvait être celui de la biologie.

Il est frappant de constater que bien que professant un retour vers les dimensions les plus *pratiques* de la science, Longino ne tend pas réellement l'oreille vers ce que les scientifiques eux-mêmes expriment à propos de la question du pluralisme. En mobilisant les travaux de Kendler,

elle n'en garde que la critique d'une certaine démarche de théorisation (idéalement) associée à la physique, où la recherche de lois générales et unificatrices constituerait l'horizon indépassable de la recherche. Elle passe totalement sous silence le fait que Kendler milite pour une *convergence* entre les différentes disciplines s'intéressant aux pathologies mentales. Le psychiatre pense cette convergence à partir de la manière *dont la science se fait* : il observe, dans l'histoire, une dynamique d'interaction entre psychologie, neuroscience, biologie, au sein de laquelle les disciplines de plus haut niveau guident les spécialités de plus bas niveau en leur fournissant des objets d'étude. Nous interpréterons plus loin cette mécanique dans une perspective pragmatiste, en notant qu'un certain réductionnisme est fécond en tant qu'il permet de résoudre des problèmes posés au sein d'autres pratiques et en retour, d'en poser de nouveaux. C'est ce mouvement que Kendler cherche à décrire lorsqu'il mobilise la notion d'« itération » entre la biologie et la psychologie. Il correspond en fait à une logique interne de l'enquête parfaitement compréhensible, comme nous le verrons, dans un cadre pragmatiste. Le point important est que, pour Kendler, qui se place du point de vue des pratiques scientifiques, ce mouvement est motivé par un certain désir d'unification, d'intégration, qui ne se résout pas dans une élimination. La psychologie sera certainement toujours utile, en tant que guide orientant la recherche de chemins causaux aux niveaux les plus fondamentaux. Ce qui nous semble ainsi particulièrement important, dans les propos de Kendler, c'est que la nécessité des approches de plus haut niveau peut-être parfaitement reconnue au sein même d'un champ scientifique reconnaissant la fécondité d'un certain réductionnisme. En d'autres termes, point n'est besoin d'être anti-réductionniste pour promouvoir une pluralité de théories et de représentations : celui-ci se développe spontanément, de par la logique interne de l'enquête et se maintient dans la mesure où il joue positivement sur sa fécondité épistémique. Nous aurons l'occasion d'étayer cet argument en nous appuyant sur nos études de cas. Notons simplement, ici, que la position de Longino est fragilisée par le fait que, très concrètement, les scientifiques mènent des démarches intégratives qu'ils jugent positives sur le plan épistémique. Il n'y a donc pas de raisons convaincantes (ou, pour le moins, Longino n'en fournit pas) pour proscrire la recherche de mécanismes explicatifs unifiés. D'autant que Longino justifie son point non seulement par une prise de position métaphysique, mais également par une affirmation d'ordre épistémologique : « épistémologiquement, on apprend plus d'un système en utilisant des représentations partielles multiples (...) plutôt qu'en essayant d'obtenir une représentation complète de toutes les interactions causales », nous dit-elle (Longino, 2013, p. 147). Sur ce terrain, on voit mal comment le regard du philosophe pourrait se substituer à l'expérience qu'ont les scientifiques de leur propre pratique. Or, si l'on suit les arguments des chercheurs mobilisés par Longino pour

justifier sa position, ces derniers n'opposent pas la co-existence de représentations partielles avec la quête d'unité et de complétude. Finalement, assez ironiquement, Longino ne semble pas bien rendre compte de la véritable diversité des pratiques scientifiques, qui incluent, dans les faits, des interactions entre les différents niveaux d'explication. Sa défense du pluralisme tombe donc elle-même dans le piège où elle croit voir s'enfermer les scientifiques « académiques » : une posture purement théorique, voire idéologique, éloignée de la manière dont la science se fait, c'est-à-dire, de la manière dont sont véritablement posées les questions endogènes traitées par les chercheurs. Nous montrerons, dans la suite, que ce défaut peut être rapproché d'une mauvaise lecture de ce qui rend un problème authentique (*vs.* spéculatif). Pour le moment, penchons nous sur une autre position vis-à-vis du pluralisme, explicitement attaquée par Longino comme exemple de démarche fautive défendant la possibilité d'intégrer les mécanismes causaux déterminant le comportement des objets complexes.

IX.3 Le « pluralisme intégratif » de S. Mitchell : formulation et enjeux pour les politiques scientifiques

Lorsqu'elle critique l'existence de « formes modérées de pluralisme », Longino vise notamment la position explicitée par S. Mitchell sous l'appellation de *pluralisme intégratif*. Les travaux de Mitchell portent spécifiquement sur les objets biologiques, qu'elle caractérise par leur complexité. Elle défend alors « un modèle intégratif pour comprendre la pluralité. Cette vue est basée à la fois sur la complexité et la contingence de l'organisation biologique et sur le caractère idéalisé des modèles biologiques. Dans ce cadre, l'explication devient un espace d'intégration des divers modèles » (Mitchell, 2002, p. 55). Sa démarche s'ancre dans la critique d'une tendance, qu'elle attribue notamment à Sherman, à considérer qu'« il n'y a compétition entre les approches qu'à l'intérieur des niveaux d'analyses et non pas entre eux » (p. 57). En particulier, cette tradition pose que « les questions biologiques [portant sur l'origine des traits phénoypiques] sont séparées en différents niveaux : l'origine évolutive, la fonction reproductrice actuelle, l'ontogénie et les mécanismes. *Les questions portant sur ces différents niveaux requièrent différentes réponses* » (p. 57, nous soulignons). Dans ce cadre, les approches développées dans les disciplines correspondantes ne peuvent être en compétition, car elles portent sur des objets distincts. Mitchell récusé cette prise de position, en notant que

les phénomènes complexes recèlent de multiples processus causaux en interaction et de multiples niveaux d'organisation qui peuvent tous être impliqués dans la genèse de la propriété à expliquer. En explicitant la question posée (par exemple, quelle est

l'origine évolutive d'un trait ou d'un comportement), on est tout de même confronté à une pluralité de causes agissant à différents niveaux d'organisation, qui peuvent toutes constituer des réponses compatibles à cette question (Mitchell, 2002, p. 57, *nous soulignons*).

Autrement dit, si « la pluralité reflète la complexité », c'est parce que chaque approche identifie un chemin causal susceptible d'agir sur le phénomène en question. Le point important est que ces approches peuvent être compatibles dans la mesure où l'explication consiste en une tentative d'intégration de ces différents chemins causaux. Mitchell précise les mécanismes possibles de cette intégration en prenant comme cas d'étude la division du travail chez les insectes sociaux. Elle relève deux niveaux d'explication, utilisant des arguments soit adaptationnistes, soit relevant de l'auto-organisation :

L'approche standard pour étudier les patrons complexes de la division du travail est adaptationniste. Autrement dit, l'organisation du travail au sein d'une colonie est analysée afin de déterminer ce qui serait optimal en terme d'ergonomie (...). L'explication adaptationniste ignore (*black-boxes*) les mécanismes par lesquels cette organisation est générée. Elle ignore la physiologie ou le développement du phénotype de la colonie. Ce faisant, elle suppose implicitement que peu importe le trait phénotypique exprimé, la sélection naturelle sera capable d'optimiser les variations de ce trait. Or, la manière dont ces traits se développent restreint la gamme d'adaptations adaptatives pertinentes. En particulier, les modèles d'auto-organisation mettent en avant la possibilité que la sélection naturelle ne puisse pas expliquer totalement la division du travail chez les insectes (Mitchell, 2002, p. 57, *nous soulignons*).

Deux postures peuvent donc être adoptées face à l'observation de la division du travail chez les insectes. Une approche adaptationniste expliquera les observations par des considérations liées à l'ergonomie et donc à la supériorité évolutive de l'organisation observée. Cette démarche ne tient pas compte des mécanismes de genèse des phénotypes. Une autre approche, radicalement différente, s'intéresse aux phénomènes d'auto-organisation déterminant la structure observée. À première vue, ces deux niveaux constituent des démarches déconnectées et constituent donc une forme de pluralité des cadres explicatifs. Cependant, Mitchell note que l'étude des formes d'organisation possibles limite nécessairement les explications adaptationnistes. Ainsi, « les explications évolutionnistes et développementales peuvent être reliées de manière à ce que la réponse à l'un des types de question soit nécessaire pour répondre à l'autre type de question. *La différence des niveaux d'analyse masque leur interrelation* » (p. 63, *nous soulignons*). On retrouve ici l'idée, exprimée par Kendler dans le cas de la psychiatrie, d'une interaction nécessaire, au sein des pratiques scientifiques elles-mêmes, entre les niveaux d'analyse. Ainsi, il peut y avoir, en toute rigueur, compétition entre ces approches, car

celles-ci s'intéressent finalement *au même objet*. Il est donc inexact, selon Mitchell, de juger que les disciplines, spécialités, théories, ou représentations ancrées dans des niveaux d'organisation distincts exemplifient une forme de pluralité non éliminable, car non compétitif. Après tout, nous dit Mitchell, « la science représente et explique la structure *du monde* » (p. 55). Contrairement à Longino, Mitchell choisit donc de ne pas aller à l'encontre de l'intuition moniste qui caractérise, selon elle, la forme première de notre rapport au monde. Ainsi, nous dit-elle, « quelque soit la complexité et le nombre de causes impliquées dans la génération d'un phénomène à expliquer, ce dernier a toujours *une unique histoire causale* » (*nous soulignons*). Une fois posé ce principe, elle se focalise sur les rapports entre les modèles explicatifs situés au sein d'un même niveau d'organisation, se penchant sur la question de l'auto-organisation des sociétés d'insectes.

Elle relève trois grandes théories mobilisées dans ce cadre, « [faisant appel], respectivement, à la diversité génétique, à l'architecture de la ruche et à l'apprentissage individuel » (p. 60). L'argument central de Mitchell consiste à relever que chacun de ces trois types d'explication ne s'applique qu'en ignorant explicitement le rôle potentiel tenu par les deux autres. Pour elle, comme le note Longino, « chaque modèle est une idéalisation qui s'applique à un système dans lequel seul le facteur étudié est en jeu » (Longino, 2013, p. 14). Notons, sans entrer dans le détail, que cette conception de la pluralité rejoint en apparence celle de Nancy Cartwright, qui note que les lois de la physique ne sont pas universelles car valables simplement *ceteris paribus* (Cartwright, 1999). Mitchell note cette similarité, mais s'en démarque radicalement :

Cartwright a souligné la fausseté des théories et des modèles scientifiques. L'introduction nécessaire d'une clause *ceteris paribus* pour rapprocher le monde idéal du monde réel met en évidence la particularité de nos modèles explicatifs (...). Cartwright utilise cette caractéristique épistémologique pour générer un type de pluralisme décrit par une relation de patchwork entre les divers modèles et théories que nous construisons pour expliquer le monde (...). Cependant, je pense que plus de choses peuvent être dites à propos des relations entretenues par les différents constituants de ce pluralisme (Mitchell, 2002, p. 64).

Alors que pour Cartwright (du moins, dans l'interprétation que Mitchell donne de ses travaux), la diversité des modèles explicatifs doit être acceptée comme la structure nécessaire de notre connaissance du monde, Mitchell défend la possibilité d'une *intégration*. Cette position épistémologique permet à Mitchell d'établir les bases de son pluralisme intégratif. La pluralité dans l'espace des modèles n'exclut en rien la possibilité de réaliser une explication les prenant tous en compte, comme des modèles idéalisés décrivant chacun des chemins causaux particuliers. Ainsi, « le pluralisme dans le

champ des modèles peut et doit coexister avec leur intégration dans la génération d'une explication pour les phénomènes biologiques complexes ». Il s'agit donc de déterminer la part de chacun des modèles à disposition dans l'histoire causale complète du phénomène. L'important, pour Mitchell, est de garder présent à l'esprit une constante volonté d'intégration des théories. Cette démarche doit guider (et guide effectivement) l'étude des objets complexes (c'est-à-dire, multi-causaux) en biologie :

La complexité est endémique en biologie (...). Les représentations que nous construisons, ainsi que les méthodes mêmes que nous utilisons doivent refléter cette complexité (...). Développer des modèles ne prenant en compte qu'une seule cause, tels que les effets des variations génétiques (...) offrent des perspectives partielles, mais ayant de la valeur. Ces explications nécessitent d'être intégrées de manière à comprendre les processus, historiques, proximaux et interactifs qui génèrent les phénomènes biologiques observés (Mitchell, 2004, p. 81).

On retrouve ici la même profession de foi intégrationniste que celle exprimée par Kendler (2009). Le pluralisme intégratif de Mitchell correspond ainsi à la perspective « mécaniste » prônée par ce dernier. Dans les deux cas, les auteurs cherchent à rendre compte de la réalité des pratiques intégratives ayant cours au sein du champ scientifique. Ils se démarquent ainsi du pluralisme radical à *la* Longino, cherchant à proscrire, sur la base d'une posture épistémologique et métaphysique difficile à justifier, de telles démarches intégratives¹⁶³.

Cependant, un point nodal du pluralisme à *la* Mitchell pose que l'intégration n'est possible que pour expliquer des instanciations particulières d'un phénomène général. Ainsi, la combinaison des différents modèles d'organisation doit permettre de rendre compte de la division du travail dans une colonie particulière. Par exemple, « les constituants théoriques qui sont intégrés pour expliquer la division du travail chez les fourmis ne seront pas les mêmes que ceux qui sont requis pour expliquer le même phénomène chez les abeilles ». Ainsi, « ce qui apparaissait au départ comme étant un unique phénomène, requérant une unique explication, est en fait dépendant des conditions particulières à chaque cas ». C'est pour cela, nous dit Mitchell, que la diversité des approches gagne à se maintenir : chacune détaille un chemin causal possible, qui sera mobilisé (ou non) pour rendre compte d'une manifestation particulière du phénomène considéré. De manière générale, « étant donnée la multiplicité des chemins causaux sous-tendant les phénomènes biologiques, les intégrations pouvant être mises en œuvre dans l'application de ces modèles, c'est-à-dire, dans leur utilisation pour bâtir

¹⁶³Les formes possibles prises par cette intégration seront discutées dans la suite.

des explications, seront elles-mêmes fragmentées et locales » (Mitchell, 2004, p. 89). Finalement, « le pluralisme peut et doit coexister avec les démarches intégratives générant des explications pour les phénomènes biologiques complexes et variés. Par extension, le pluralisme est une approche fructueuse pour trouver des explications aux phénomènes les plus complexes » (*Id.*). Ainsi, Mitchell ne se contente pas de chercher à donner du sens au *fait* de la pluralité. Elle déduit de ses analyses empiriques des prescriptions méthodologiques portant sur la dynamique *désirable* du progrès des connaissances. Il *faut* maintenir une pluralité des approches, tout en cherchant leur intégration, mais dans certaines limites. Seules des explications locales et fragmentées peuvent être envisagées. Cette posture est justifiée par un appel à la multiplicité, à la variété des chemins causaux : celle-ci rendrait impossible la compréhension d'un phénomène dans toute sa généralité (la division du travail, telle ou telle pathologie mentale). Seules ses instanciations particulières sont explicables par intégration des modèles idéalisés. Comme Longino, Mitchell formule donc des contraintes sur ce qui est connaissable et la manière dont on peut le connaître.

Ce glissement du descriptif vers le normatif est particulièrement apparent dans son ouvrage de 2009, liant la question du pluralisme à celle de la gestion des savoirs fournis par les sciences. À la lecture de ce *Unsimple Truths. Science, Complexity and Policy*, le lecteur ne peut manquer de s'interroger sur le destinataire qu'il vise : sont-ce les décideurs ? Les philosophes pensant la science ? Les scientifiques eux-mêmes ? Cette ambiguïté nous semble symptomatique des apories traversant souvent le débat sur le pluralisme. Décris-t-on la nature et les sources de la pluralité en science ? Ou cherche-t-on à formuler des prescriptions méthodologiques à appliquer au champ scientifique ? Mitchell semble ainsi, en premier lieu, s'en prendre aux épistémologies « traditionnelles », qu'elle qualifie de « réductionnistes » en ce sens qu'elles considèrent la recherche de lois universelles et intemporelles comme « le but de la recherche scientifique, comme elle s'est reflétée dans le succès immense des lois newtoniennes du mouvement et de la gravitation universelle » (p. 2). Ainsi, elle vise « l'écart entre les sciences actuelles étudiant les phénomènes complexes et les critères philosophiques standards caractérisant la connaissance scientifique » (*Id.*). La cible semble donc claire : ce sont les philosophes accordant trop de place à une conception de la science comme recherche de lois, de théories, de représentations générales « valables partout, tout le temps ». Dans ce cadre, le message de Mitchell est simple : il est nécessaire de changer *notre regard* sur la manière dont la science se fait, afin que la sphère politique appréhende mieux ce qu'elle peut et doit faire des connaissances qu'elle lui fournit. Ce nouveau regard est celui du pluralisme intégratif, porté par une ontologie réaliste

inspirée par un certain « pragmatisme », selon lequel « nos représentations sont dépendantes de nos intérêts et de nos habiletés » (p. 13)¹⁶⁴.

Mais parallèlement à cette ligne argumentative, il semble que Mitchell émette également un jugement sur la manière dont la science *doit se faire*. « Le monde est complexe », nous dit-elle, avant d'en déduire que « les représentations qu'on en construit *devraient* l'être aussi. Or, la science cherche traditionnellement à *réduire* la confusion foisonnante du monde à des lois simples, universelles et intemporelles afin de décrire les phénomènes qui s'y manifestent » (p. 11, *nous soulignons*). Mais est-ce la science qui est traditionnellement réductrice, ou les discours construits pour rendre compte de l'activité scientifique ? De manière intéressante, Mitchell semble assimiler les positions des « philosophes du XIX^e siècle », motivées par les travaux de Newton, aux conceptions qu'avaient alors les scientifiques eux-mêmes de leur propre travail. Tout se passe donc comme s'il y avait un lien direct, immédiat, entre les pratiques scientifiques ayant cours à une période donnée et les positions épistémologiques sur leurs natures et leurs objectifs. Les discours sur le réductionnisme accompagneraient donc l'existence d'un réductionnisme réel des scientifiques. Ce qui est intéressant, ici, n'est pas de se demander jusqu'à quel point cette équation est historiquement vérifiée, mais de remarquer que Mitchell opère ce glissement de manière spontanée, sans en interroger la légitimité. Cette mécanique est encore plus frappante dans l'appel à un « renouvellement de nos méthodes d'investigation de la nature » (p. 13). Ce renouvellement doit venir d'un renouvellement de l'épistémologie, qui doit reconnaître que « la nature s'organise de diverses manières et [que] ce que l'on valide comme savoir devrait refléter cette diversité » (p. 104). De cette prise de conscience doit procéder l'abandon « de la recherche d'une vérité unique et singulière, [qui] *doit* être remplacée par un humble respect pour la pluralité de vérités représentant le monde partiellement et pragmatiquement » (p. 116, *nous soulignons*). Il s'agit notamment de partir en croisade contre un réductionnisme omniprésent, dont on ne sait plus trop s'il caractérise les discours sur la science, les pratiques scientifiques elles-mêmes, les politiques scientifiques, ou les trois simultanément. Pour Mitchell, il est urgent de cesser « de forcer l'état actuel du savoir scientifique dans la camisole de force d'une vision réductrice, fondamentale, moniste de la science » (p. 18). Cette formulation est ambiguë : le réductionnisme est-il prôné uniquement dans les discussions philosophiques portant sur les connaissances ? Ou y a-t-il un danger de monisme contre lequel il faut lutter au sein même des pratiques scientifiques ? Dans ce dernier cas, qui est responsable ? Les philosophes, les politiques, les chercheurs eux-mêmes ? Le

¹⁶⁴Le réalisme de Mitchell est similaire à celui que développe Kitcher (2010) [2001] (p. 85-95).

même flou se retrouve dans l'affirmation suivante : « le réductionnisme a-t-il toujours tort ? Non. Le réductionnisme a-t-il toujours raison ? Non. Le réductionnisme devient l'ennemi uniquement *lorsqu'il est promu comme unique acteur dans le jeu* » (p. 106, *nous soulignons*). Mais qui promeut le réductionnisme à cette place de choix ? L'hégémonie du réductionnisme est-elle un risque à éviter ou une réalité à combattre ? Et par qui ? Mitchell entretient donc une véritable ambiguïté entre les dimensions descriptives et normatives de ses analyses. Le passage suivant illustre parfaitement bien le glissement qu'elle opère :

Il nous faut prendre acte des leçons tirées de *l'étude des sciences du complexe* pour conclure que, dans bien des domaines, *seules* des explications non réductives, intégrées à partir de plusieurs niveaux et pragmatiquement ciblées, sont possibles. Des explications *prenant en compte* la complexité du monde devront être, *presque par définition*, plus locales et moins globales afin de refléter la richesse du comportement des systèmes multi-composants (Mitchell, 2009, p. 105, *nous soulignons*).

Il s'agit donc, en premier lieu, de centrer son attention sur les pratiques des chercheurs au sein des sciences portant sur des objets complexes (dimension descriptive). De là, on tire des conditions générales d'ordre épistémologique sur le type de savoir que l'on peut en acquérir. Ces conditions générales sont alors expliquées, éclairées, par des contraintes métaphysiques imposées par la structure même de ces objets : c'est parce qu'elle mobilise une conception arrêtée de l'ontologie des objets complexes que Mitchell peut invoquer un critère définitionnel pour imposer des limites aux modes de connaissances mis en œuvre par les scientifiques. Enfin, l'expression *prendre en compte* n'est pas anodine. Elle sous-entend qu'à l'étude des objets complexes doit pré-exister une conscience de cette complexité et un désir de la considérer en tant que telle¹⁶⁵. En somme, Mitchell a tendance à donner une grande importance aux conclusions de l'épistémologie et de la métaphysique comme guide des pratiques scientifiques. Le réductionnisme est avant tout perçu comme une prise de position intellectuelle, se reflétant dans les pratiques scientifiques. En conséquence, pour lutter contre un risque (réel ou supposé) de dérive réductionniste, il faut avant tout se défaire de certaines idées sur la manière dont le monde est structuré et sur le type de savoir que l'on peut en obtenir.

Comme l'a montré Ruphy (2005), cette démarche se retrouve dans plusieurs prises de position

¹⁶⁵ Afin de bien cerner la nature du glissement opéré par Mitchell du descriptif vers le normatif, on pourrait proposer la ré-écriture, dans un mode pleinement descriptif, du passage précédent : « il nous faut prendre acte des leçons tirées de *l'étude des sciences du complexe* pour conclure que, dans bien des domaines, *on trouve en majorité* des explications non réductives, intégrées à partir de plusieurs niveaux et pragmatiquement ciblées. Des explications *construites dans des contextes* de complexité *auront tendance à être* plus locales et moins globales *du fait de* la richesse du comportement des systèmes multi-composants ».

dans le débat sur le réductionnisme. Après en avoir recensé les occurrences les plus classiques, S. Ruphy met ainsi en évidence les problèmes logiques rencontrés par certains arguments anti-réductionnistes tentant de passer d'une prise de position métaphysique à des prescriptions méthodologiques. Notre objectif, ici, est de compléter cette critique en se demandant, d'une part, si le pluralisme de Longino et Mitchell rend fidèlement compte de l'état des pratiques scientifiques, et d'autre part, s'il est susceptible d'avoir une efficacité politique réelle (c'est-à-dire, s'il peut influencer de manière pertinente sur les modes de pilotage de la recherche). Car la question que posent, finalement, ces deux auteures, est celle de la gestion de la pluralité, dans un contexte d'interaction entre problèmes endogènes et exogènes. Les conceptions du pluralisme qu'elles développent (radical ou intégratif) doivent en effet servir de base pour penser la manière dont la science doit, ou devrait se faire et donc les modes d'organisation de la recherche, dans les cas où celle-ci s'intéresse à des objets complexes soumis à de fortes pressions externes (troubles mentaux, changement climatique...). Elles tendent ainsi à opposer ces conceptions non seulement à d'autres positions philosophiques qu'elles critiquent, mais également à certaines pratiques scientifiques. Ainsi, Longino s'en prend explicitement aux « scientifiques académiques » cherchant à intégrer différentes approches qu'elle considère comme incompatibles. De même, nous avons relevé l'ambiguïté de Mitchell quant à la prédominance, ou au risque de prédominance, du réductionnisme au sein du champ scientifique. Cependant, si elles infèrent de leurs positionnement philosophique un modèle des *bonnes* pratiques de recherche, elles ne disent rien des conditions institutionnelles permettant de les réaliser. Comment peut-on développer et cultiver le pluralisme, si ce dernier doit être développé et cultivé ? Faut-il orienter, activement, la communauté scientifique dans cette voie ? Ou cette dernière possède, de manière endogène, les ressources pour faire vivre une diversité d'approches ? Il nous semble que les analyses de Mitchell et Longino ne permettent pas de répondre à cette série de questions, pour la simple et bonne raison qu'elles ne s'intéressent pas à la manière dont les problèmes de recherche sont, très concrètement, identifiés, posés et résolus au sein du champ scientifique. Malgré leur volonté de prendre en compte, de manière « pragmatique », le rôle que joue le souci de l'utile dans l'orientation de la recherche, elles en restent bien souvent à des déclarations de pure forme sur la nécessité de reconnaître l'importance épistémique des interactions entre le champ scientifique et ses extérieurs.

Notre objectif, dans la suite de ce chapitre, est de montrer que ces auteurs pèchent par excès d'intellectualisme. En accordant une trop grande importance, à la fois sur les plan descriptif et sur le plan normatif, à des prises de positions idéologiques, métaphysiques ou épistémologiques,

elles ne distinguent pas bien la manière dont la pluralité est réellement vécu et pratiqué au sein du champ scientifique. En particulier, leurs attaques contre le réductionnisme manquent leur cible, car elles voient des choix philosophiques là où ne sont bien souvent que des manifestations de la logique interne de l'enquête. Les interactions entre les niveaux d'explication, d'une part et entre les problèmes endogènes et exogènes, d'autre part, sont à la fois plus souples et plus contraints que ne le supposent des modèles comme ceux de Longino et Mitchell. Ils sont plus souples, car non enfermés dogmatiquement dans une conception ontologique figée de la structure du monde naturel. Ils sont également plus contraints, car soumis à la logique interne (pragmatiste) de l'enquête, source de conservatisme pratique.

IX.4 L'anti-réductionnisme spéculatif : caractérisation épistémologique

IX.4.1 L'anti-réductionnisme métaphysique

Revenons, pour débiter notre analyse, aux racines du débat sur le réductionnisme. La formulation la plus courante du concept de réduction est due à Nagel (1961) et Oppenheim et Putnam (1958). Reprise par Garfinkel (1981), il prend la forme suivante : « une théorie A est réductible à une théorie B si la théorie B explique le phénomène auparavant expliqué par la théorie A » (p. 52, cité par Ruphy, 2005, p. 107). Dans ce cadre, une démarche *réductionniste* aura a cœur d'expliquer les phénomènes de haut niveau par des théories de bas niveau. La réduction de la psychologie à la biologie, par exemple, consisterait à expliquer les faits de la psychologie à l'échelle cellulaire, ou biomoléculaire. Comme l'expose Ruphy (2005), plusieurs types d'arguments ont été avancés pour critiquer cette forme de réductionnisme et défendre le maintien d'une pluralité des niveaux d'explication comme une nécessité épistémologique et/ou métaphysique. Parmi eux, on retrouve des arguments influents comme ceux de Kitcher (1984)¹⁶⁶ ou Fodor (1974)¹⁶⁷. La position générale qu'ils défendent consiste à relier l'état actuel de nos connaissances et l'organisation disciplinaire du champ scientifique, à des propriétés générales du monde naturel lui-même. L'articulation logique de cet argument prend, en général, deux formes. Certains auteurs (parmi lesquels on retrouve Kitcher

¹⁶⁶ « L'antiréductionnisme considère la division de la biologie non pas simplement comme une caractéristique temporaire émanant de nos imperfections cognitives, mais comme résultant des niveaux d'organisation de la nature (p. 371, cité par Ruphy, 2005, p. 105) ».

¹⁶⁷ « Je suggère qu'il y a des sciences spéciales non pas à cause de la nature de notre relation épistémique au monde, mais du fait de l'organisation même du monde. Toutes les espèces (...) ne sont pas des espèces physiques » (p. 113, cité par Ruphy, 2005, p. 105).

ou Fodor), critiquent la pertinence du réductionnisme sur la base de présuppositions métaphysiques : c'est parce que le monde est constitué de niveaux ontologiquement distincts, causalement indépendants, que le réductionnisme ne peut pas fournir une image (des explications) intellectuellement satisfaisantes portant sur le monde naturel et les phénomènes qui s'y manifestent. Citons ici l'exemple classique donné par Kitcher (2001) (p. 71), se penchant sur la valeur du sex-ratio (indiquant plus de naissances de garçons que de filles). Pour Kitcher, une micro-explication basée sur les détails physico-chimiques de la fécondation n'*explique* pas de manière satisfaisante ce phénomène. Il est nécessaire de recourir à une macroexplication faisant appel à la sélection naturelle. De manière intéressante, ce type d'argument tend soit à défendre « l'existence de niveaux d'explications autonomes en science, sans regard à l'existence ou à l'inexistence concrètes de réductions réussies », soit « dénie la possibilité même de la réduction » (Ruphy, 2005, p. 106). Symétriquement, Dupré (1993) se base sur le constat des échecs du réductionnisme à rendre compte d'un grand nombre de phénomènes pour en dériver des conclusions d'ordre métaphysique sur la structure générale « désordonnée » du monde naturel. L'argument central de S. Ruphy consiste à montrer que ces deux lignes argumentatives ne peuvent parvenir à fonder en raison ce qu'elles défendent, à savoir l'idée que « le réductionnisme échoue à cause de la nature même du monde et non pas (seulement) à cause de notre nature en tant que chercheur » (p. 105). Alors que ces stratégies anti-réductionnistes tentent d'asseoir des arguments « valides généralement », ils ne parviennent en fait qu'à construire des « arguments valides temporairement », car dépendant soit de nos capacités cognitives, soit de l'état actuel du savoir. Ruphy souligne que cet éclaircissement du domaine de validité des arguments anti-réductionnistes est important, car ces derniers, pour la plupart, « accompagnent des prescriptions méthodologiques » censées guider les pratiques scientifiques. Ainsi, elle rappelle que des auteurs comme Dupré ou Kitcher « pressent les scientifiques d'abandonner leurs méthodologies réductionnistes » (p. 118). L'hégémonie de la biologie moléculaire (Kitcher, 1999) ou les tentatives réductionnistes en psychologie évolutive (Dupré, 2002) sont critiquées *sur la base de leur supposée inadéquation avec la structure de monde naturel*. La domination exercée par le réductionnisme serait donc l'œuvre d'un attachement *irrationnel* des scientifiques à certaines voies d'investigation. Il y aurait un refus endogène du pluralisme au sein du champ scientifique, qu'il convient de guérir. Et la philosophie a un rôle à jouer dans cette modification des pratiques : il s'agit pour elle de mettre en évidence la complexité du réel, qui ne peut, par essence, être appréhendée sans considérer une pluralité des niveaux d'explication. Ruphy (2005) a montré de manière convaincante que ce type d'argument n'avait de sens que de manière *temporaire*. Rien ne permet d'affirmer que la réduction

est, dans l'absolu et en vertu de considérations métaphysiques, une impasse épistémologique. À cette réfutation logique, elle adjoint une piste de réflexion touchant à la pratique scientifique elle-même : les scientifiques ne sont pas, concrètement, des défenseurs dogmatique d'un réductionnisme de type nagelien. Ou plutôt, ils ne le sont que lorsque ce dernier fonctionne, c'est-à-dire lorsqu'il permet de résoudre les problèmes qui leur sont posés. En conséquence, aucun discours anti-réductionniste construit en dehors de leur pratique n'est susceptible d'avoir d'influence sur le champ scientifique. Dans la suite de ce chapitre, nous nous proposons de développer et d'étayer cet argument, en partant des travaux de Mitchell et Longino. Nous montrerons tout d'abord en quoi ces dernières tombent sous le coup de la critique formulée par S. Ruphy, en soulignant la manière dont elles *intellectualisent* la question du réductionnisme. Nous proposerons alors le concept d'*anti-réductionnisme spéculatif* pour décrire la nature de leur démarche. Bien que se basant notamment sur les analyses de Waters, cette notion s'en détache sensiblement, en ce qu'elle considère que la critique portant sur la nature spéculative du débat sur le réductionnisme est elle-même *qualifiée temporairement*. Nous préciserons et illustrerons cet argument en mobilisant deux exemples, pris dans la continuité de nos études de cas – la psychiatrie et la cancérologie. Nous en déduisons enfin que le pluralisme « pragmatique » de Longino et Mitchell s'éloigne d'un authentique pragmatisme dont elles revendiquent l'héritage. Ce biais a des conséquences politiques : du fait de leur anti-réductionnisme spéculatif, elles caractérisent mal le type de contraintes qu'il est possible d'exercer sur le champ scientifique sans nuire à sa fécondité.

IX.4.2 Le débat sur le réductionnisme chez Longino et Mitchell

La position de Longino est très explicite quant aux rapports qu'elle établit entre épistémologie et métaphysique. Comme nous l'avons noté, elle déduit de la difficulté à construire des explications unifiées pour les phénomènes complexes la nécessité de reconnaître l'existence de niveaux d'organisation causalement indépendants. En retour, elle formule des prescriptions méthodologiques devant guider la dynamique épistémique de la science. Comme chez Kitcher ou Dupré, on trouve chez Longino une *injonction* à lutter contre la domination d'un réductionnisme qui constitue une vision *erronée* du type de connaissance que l'on peut espérer acquérir (du type d'explication que l'on peut espérer bâtir). Elle critique ainsi le supposé refus des scientifiques d'accepter le pluralisme. Cette position est complétée par une mise en valeur des démarches que Longino qualifie de *pragmatiques*, c'est-à-dire guidées par la nécessité de l'action. En se basant sur les travaux du psychiatre Kenneth Kendler, elle suggère qu'à la différence des « scientifiques académiques » s'égarant dans la recherche

illusoire de théories, de modèles ou de représentations unifiées des troubles du comportement, les cliniciens affichent *par nature* une tolérance plus grande pour la pluralité des cadres explicatifs. Nous avons immédiatement remarqué que cette interprétation était discutable en ce que Kendler, bien que reconnaissant la pluralité des causes déterminant le comportement humain, cherchait à les intégrer pour établir des mécanismes explicatifs. S'il y a bien une forme de pluralisme associée à la pratique clinique – pluralisme dont nous avons présenté certaines manifestations dans nos études de cas – ce dernier n'empêche pas l'expression d'un désir d'unification théorique. Les analyses menées dans le chapitre précédent vont dans ce sens. Comme nous l'avons montré en effet, la découverte des traitements chimiques des pathologies mentales n'a pas simplement ouvert de nouvelles voies thérapeutiques, mais a également entretenu l'espoir de mettre au jour les causes neurochimiques des désordres psychiatriques. Les programmes de recherche conçus dans ce cadre étaient ancrés dans la pratique médicale et étaient directement inspirés par elle. La nécessité du soin ne s'opposait pas à la recherche d'explications unifiées. Bien au contraire, les pratiques cliniques se mêlent aux activités de théorisation. Réciproquement, le procès en réductionnisme que Longino tente aux « scientifiques académiques » n'a de sens que si l'on suppose que ces derniers prennent une position ontologique rigide et refusent d'en envisager les limites. Cela revient donc à formuler une hypothèse forte sur la manière dont émergent les programmes de recherche au sein du champ scientifique : la domination exercée par le réductionnisme, conçu alors comme une posture intellectuelle, métaphysique et épistémologique, serait le résultat d'un choix délibéré entre plusieurs options également envisageables. En d'autres termes, Longino prête aux scientifiques une perspective en surplomb sur leurs pratiques. Réciproquement, elle envisage la possibilité de *modifier* ces pratiques en adoptant une perspective similaire : la formulation d'arguments métaphysiques est dès lors une stratégie valide pour influencer sur les directions prises par la recherche. Or, nous avons mis en exergue, dans la partie 2, l'existence de contraintes, inhérentes à la logique interne de l'enquête et guidant le type de problèmes posés et les moyens employés pour leur résolution. La position de Longino est donc valable, dans ce cadre, *uniquement si* la question de savoir s'il existe des niveaux causalement indépendants constitue un problème authentique. Dans le cas contraire, la défense du pluralisme que propose Longino pourrait être qualifiée de *spéculative* dans la mesure où elle traiterait d'un problème ne constituant pas un réel obstacle aux pratiques en cours. La conception pragmatiste du développement scientifique que nous avons élaborée au fil de nos analyses permet ainsi d'interroger la pertinence, pour la fécondité du champ scientifique, d'un pluralisme comme celui de Longino. Si l'on souhaite caractériser, sur le plan épistémologique et réguler, sur le plan politique, la coexistence de niveaux d'explication autonomes,

il est donc nécessaire de proposer une conception plus fine de la manière dont la pluralité est, très concrètement, pensée, vécue et pratiquée au sein même du champ scientifique.

L'argumentaire de Mitchell semble, à première vue, moins radical que celui de Longino, en ce qu'il considère la possibilité d'une certaine forme d'intégration des modèles partiels pour rendre compte du mécanisme sous-tendant un phénomène complexe donné. Cependant, comme nous l'avons noté, Mitchell tend également à formuler des prescriptions méthodologiques sur la manière dont *devrait* être organisée la recherche pour être en adéquation avec l'ontologie spécifiques des objets complexes. Ce faisant, elle opère un glissement depuis des considérations métaphysiques (portant sur la structure causale du monde naturel) vers des affirmations épistémologiques (portant sur le type de connaissance *que l'on est en droit d'attendre* et celles qui sont par nature inaccessibles). Cette tendance transparaît dans la manière dont elle critique les arguments classiques élaborés par Kim (1998, 1999) pour clarifier le concept d'*émergence*.

Sans entrer dans le détail de ces arguments, rappelons tout d'abord les points centraux de la position défendue par Kim. Son objectif, clairement explicité dans son article de 1999, est de clarifier la notion d'« émergentisme » comme forme particulière de « matérialisme non réductionniste, doctrine aspirant à se positionner comme un compromis entre le physicalisme réductionniste et des dualismes pleinement assumés » (p. 4). La doctrine émergentiste qu'il prend pour objet de son analyse est caractérisée, selon lui, par deux groupes d'idées centrales :

Un groupe d'idées affirment que les propriétés émergentes sont « nouvelles » et « imprévisibles » à partir de la connaissance de leurs fondements de plus bas niveau et qu'elles ne sont pas « explicables » ou « mécaniquement réductibles » en termes de propriétés sous-jacentes. Le second groupe d'idées concerne les pouvoirs causaux des propriétés émergentes. Parmi elles, on trouve l'affirmation centrale selon laquelle ces propriétés émergentes portent avec elles des pouvoirs causaux nouveaux, pouvoirs causaux ayant la capacité d'influencer et de contrôler les directions des processus de plus bas niveaux desquels elles émergent (Kim, 1999, p. 5-6).

L'objectif de Kim est dès lors de tenter de donner un sens, sur le plan *métaphysique*, aux assertions de l'émergentisme. Qu'est-ce qu'une propriété non réductible et qu'est-ce qu'un pouvoir causal « descendant » ? De manière très sommaire, la thèse centrale défendue par Kim est la suivante : si l'on adhère au matérialisme ontologique partagé par les doctrines émergentistes (en tant que physicalisme non réductionniste), il faut accepter qu'une propriété qui serait authentiquement émergente n'aurait aucun pouvoir causal et serait donc inutilisable dans les explications bâties par la science.

Dans son ouvrage de 1998, Kim en propose une démonstration basée sur le principe de « clôture causale du monde physique ». Ce « principe métaphysique plausible », pour reprendre l'expression de Kistler (2009), soutient simplement que « pour chaque événement physique e , qui a lieu à l'instant t , il existe, à chaque instant antérieur t^* , une cause complète physique c » (Kistler, 2009, p. 3). Réciproquement, pour Kim, un émergentisme cohérent tenant à affirmer l'existence d'une causalité descendante authentique, doit trouver un événement e remettant en cause ce principe. Dans Kim (1999), le philosophe opte pour une stratégie quelque peu différente et montre que la non réductibilité attribuée aux propriétés émergentes entre en contradiction avec l'existence d'un pouvoir causal autonome de ces mêmes propriétés émergentes. Sans chercher à rentrer dans l'analyse critique des arguments de Kim, notons ici un point important : ce dernier construit une *réfutation métaphysique d'un argument métaphysique*. En partant des positions émergentistes portant sur la nature de certains objets du monde physique, il montre que ces dernières heurtent, d'une part, nos intuitions métaphysiques les plus communes et d'autre part, qu'elles présentent une incohérence interne (les propriétés émergentes ne peuvent être à la fois non réductibles et posséder un pouvoir causal). Les arguments de Kim (notamment, ceux de Kim, 1999) ne se situent pas (ou peu) sur un plan épistémologique ; il ne cherche pas à qualifier le type de connaissances que la science peut, ou non, bâtir à propos du monde naturel. Autrement dit, sa critique du physicalisme non réductionniste *en tant que doctrine métaphysique* n'engage en rien une quelconque défense d'un réductionnisme méthodologique comme programme à suivre par les sciences. Si l'on souhaite tirer des travaux de Kim des conséquences pour la pratique scientifique, on fera apparaître que ce dernier, au maximum, souligne la *possibilité* théorique de la réduction – ou, au minimum, qu'il critique les arguments cherchant à démontrer son impossibilité constitutive. Ce faisant, il ne se positionne ni sur sa faisabilité pratique, si sur son utilité. Les propos de Kim portent, finalement, sur ce que le monde est et non pas sur ce que l'on peut en connaître. Or, Mitchell lui intente un curieux procès en réductionnisme dogmatique. Elle associe en effet Kim aux versions les plus poussées du réductionnisme, « affirmant que tout le pouvoir causal réside à un niveau fondamental, de telle manière qu'il n'y a rien à ajouter à l'explication que l'on donne d'un phénomène » (Mitchell, 2009, p. 22, *nous soulignons*). Selon Mitchell, Kim entend ainsi montrer « qu'il n'y a qu'une unique description des phénomènes de haut niveau (*higher-level*) à partir des niveaux plus fondamentaux (*lower-level*) » (p. 30). Toute l'ambiguïté de ce type de formulation réside dans le sens à donner à ce *il y a*. Dans l'argumentaire de Kim, ce *il y a* a une dimension ontologique : il désigne simplement le fait que, dans le monde, selon le principe de clôture causale, tout événement physique est ultimement causé par un autre événement physique.

Cela ne signifie pas que l'on *puisse*, ou que l'on *doive*, chercher à décrire ou à rendre compte de ces événements physiques. Dans sa définition fonctionnaliste de la réduction, Kim montre d'ailleurs qu'il a pleinement conscience que la manière dont celle-ci est susceptible d'être menée dépend de la définition que l'on donne de la propriété *E* que l'on cherche à réduire (par exemple, un gène peut être défini comme porteur de l'hérédité, ou comme séquence de bases azotées), définition elle-même dépendante d'un certain contexte théorique ou empirique (Kim, 1999, p. 11). S'il existe une unique détermination physique (un seul mécanisme, un seul chemin causal) d'un phénomène donné, la connaissance qu'on en a est dépendante d'un certain contexte – dans lequel peut éventuellement rentrer la notion d'« intérêts » chère à Mitchell. Ce *il y a* ontologique est déplacé, par Mitchell, sur le plan épistémologique : il signifierait que toute explication d'un phénomène *doive* être uniquement ancré dans le niveau le plus fondamental pour être intellectuellement satisfaisante. Or, Kim ne dit rien de tel et il n'existe d'ailleurs sans doute aucun réductionniste dogmatique soutenant une telle position. Ce même glissement se retrouve dans la définition qu'elle donne du réductionnisme comme d'une position selon laquelle « il n'y a rien de plus [que le niveau fondamental] qui soit causalement significatif, ou réel, ou suffisant sur le plan explicatif » (Mitchell, 2009). Mais ces trois adjectifs (significatifs, réel, suffisant) ne sont pas équivalents : ils réfèrent distinctement aux dimensions métaphysiques et épistémologiques du débat sur le réductionnisme. Cette ambiguïté est d'autant plus troublante que sur le plan métaphysique, Mitchell professe explicitement une forme de moniste matérialiste selon lequel « nous étudions tous le même monde » (p. 23), dans lequel « toutes les propriétés, événements, structures, sont physiques » (p. 34) et faisant émerger des phénomènes ayant « une histoire causale unique » (Mitchell, 2002). Tout en assumant son même parti pris ontologique, elle croit voir une divergence avec Kim en ce que dernier « ignore la partialité des représentations » (Mitchell, 2009, p. 23). Autrement dit, le philosophe défendrait une forme d'unification des sciences autour de la physique comme une nécessité épistémique. Mitchell attribue ici à Kim un glissement indu d'un argument métaphysique, portant sur la structure du monde naturel, à un argument épistémologique, portant sur la nature des représentations que l'on est susceptible d'en forger. Elle prolonge ce mouvement en prêtant à Kim un réductionnisme pratique, devant servir de prescription méthodologique pour guider l'activité scientifique. Ce glissement est indu car le principe de clôture physique *n'est pas* un principe d'unicité des représentations. En conséquence, la critique de l'émergentisme, comme théorie métaphysique, n'implique en rien la critique du pluralisme comme nécessité épistémique ou comme état de fait portant sur la nature des pratiques scientifiques.

Il est intéressant de constater que ce glissement de la métaphysique vers l'épistémologie, puis vers la pratique scientifique elle-même, est en fait celui qu'opère Mitchell elle-même dans sa défense du pluralisme. Sa critique de Kim est donc symptomatique d'une certaine manière de concevoir les liens entre métaphysique, épistémologie et pratique scientifique. Cette dernière est pensée comme étant guidée par des prises de position ontologiques, explicites ou implicites ; en retour, il serait donc possible de modifier ces pratiques par des considérations portant sur les propriétés générales du monde naturel. Cette tendance, nous l'avons vu, est partagée par Longino, mais également, comme l'a montré Ruphy (2005), par de nombreux partisans d'une forme d'anti-réductionnisme. Plusieurs critiques peuvent lui être opposées. En premier lieu, il est possible, comme le fait S. Ruphy, de souligner les apories logiques dans lesquels s'enferment ce type d'argumentaires, qui cherchent à donner une portée permanente (il est *par nature* impossible de réduire les niveaux d'explication les uns aux autres) à des conclusions qui ne sont vraies que de manière temporaires (pour l'instant, les explications réductionnistes que la science peut ou pourrait fournir à certains phénomènes sont hors de portée, ou intellectuellement insatisfaisantes). La clé de la démarche critique de S. Ruphy consiste à remarquer que cet anti-réductionnisme qui cherche à avoir une influence pratique sur la manière dont la science est faite est purement métaphysique, au sens où il propose « des assertions factuelles, mais invérifiables, à propos de la nature » (Ruphy, 2005, p. 106). Autrement dit, ils se basent sur des affirmations du type « "le monde possède la caractéristique A", pour lesquels aucun support empirique direct n'est disponible » (*Id.*)¹⁶⁸.

À cette critique, les tenants d'un anti-réductionnisme comme celui de Mitchell ou Longino pourraient opposer deux arguments. Le premier soulignerait qu'il est possible d'apporter certaines preuves *scientifiquement recevables* venant justifier leurs affirmations ontologiques. Ainsi, la notion de complexité, venant appuyer la défense du pluralisme comme nécessité épistémique, est fondée sur des observations empiriques – l'existence d'objets dont le comportement est déterminé par une variété de chemins causaux ancrés dans des niveaux d'organisation distincts. Cet argument pourrait être renforcé par un second, soulignant que les scientifiques, au moins implicitement, prennent eux-mêmes position : par la pratique de la réduction, ils nient l'existence de ces niveaux d'organisation portant des pouvoirs causaux indépendants. Or, s'il n'existe pas de preuves irréfutables montrant que la réalité est « complexe », il n'en existe pas non plus qui permettent de défendre l'inverse de

¹⁶⁸Mitchell fournit un exemple éloquent d'une affirmation de ce type, en débutant son ouvrage de 2009 par ces mots : « la complexité est partout ».

manière certaine. En conséquence, le procès en dérive métaphysique intenté à l’anti-réductionnisme pourrait symétriquement être utilisé contre le réductionnisme. Pour répondre à ce type d’argument et mettre au jour, d’une autre manière, les limites de l’anti-réductionnisme de Longino et dans une moindre mesure, de Mitchell, il nous semble que la perspective pragmatiste sur la logique de l’enquête nous ouvre une voie possible. Pour le dire de manière sommaire, il nous semble que ce n’est pas tant la portée métaphysique de cet anti-réductionnisme qui rend ses prétentions illégitimes, mais son caractère *spéculatif*, c’est-à-dire le fait que *le problème qu’il tente de résoudre est, contextuellement, de peu d’intérêt pour les pratiques scientifiques*. Si les arguments anti-réductionnistes ont peu d’influence sur ces dernières, c’est tout simplement parce-qu’ils ne résolvent aucun problème *authentique* – faisant obstacle à des pratiques extérieures à la métaphysique elle-même. Notons cette affirmation se veut factuelle et contingente et n’a pas prétention à l’universalité. Il est tout à fait possible d’imaginer un contexte où la question de la structure causale du monde naturel possède un fort degré d’authenticité (soit utile à la poursuite d’un grand nombre de pratiques, internes ou externes au champ scientifique). Dans la section suivante, nous clarifions et justifions ce concept d’*anti-réductionnisme spéculatif*, avant de l’illustrer à travers deux études de cas : le *Research Domain Criteria* (RDoC) en psychiatrie clinique et le débat entre la *Tissue Organization Field Theory* (TOFT) et la *Somatic Mutations Theory* (SMT) en cancérologie.

IX.4.3 La notion d’anti-réductionnisme spéculatif

Rappelons en quelques mots les acquis principaux des analyses menées jusqu’ici. Nous avons suggéré, dans la partie 2, qu’il existait des contraintes endogènes au champ scientifique guidant l’identification et la sélection des problèmes à résoudre, sur la base de leur *authenticité*. Cette authenticité, dans une perspective pragmatiste, est indexée sur l’influence de la résolution de ces problèmes sur le déploiement des *pratiques scientifiques*. Nous avons clarifié et approfondi cette dernière notion en considérant, en premier lieu, trois niveaux de pratique internes au champ scientifique : la mise au point opératoire de protocoles, de techniques, de conditions expérimentales ; la théorisation ; et le retour critique sur le corpus des connaissances et leur modalité d’acquisition. C’est l’interconnexion entre ces niveaux de pratiques qui tend à rendre un problème authentique ; réciproquement, c’est son isolement qui le rend spéculatif. Ce point est important, car il permet de nuancer la position de Waters (2008b,a, 2014), qui tend à opposer en bloc la pratique scientifique et la perspective fondamentaliste.

Nous avons ensuite ajouté à ce schéma (chapitre VI, 7, 8) les interactions entre les problèmes

endogènes surgissant dans le cours de la recherche et les problèmes exogènes identifiés hors du champ scientifique, défini, pragmatiquement, comme le lieu privilégié de l'enquête. À travers différents cas d'études, nous avons généralisé le modèle pragmatiste revisité de la dynamique de la recherche reposant sur l'antagonisme authentique/spéculatif. La perméabilité de la science aux problèmes exogènes influe sur son orientation en jouant sur le degré d'authenticité des problèmes qui se posent à elles, à tous les niveaux de la pratique scientifique. Nous avons suggéré en outre que cette dynamique est épistémiquement positive en tant qu'elle contre de manière efficace le *conservatisme pratique* inhérent au champ scientifique.

Dans ce cadre, un problème sera spéculatif (ou plutôt, tendra à être spéculatif) si sa résolution n'a ou n'aurait d'impact que sur un nombre limité de pratiques. Cette définition n'a pas nécessairement de dimension normative. Il ne s'agit pas, en effet, de soutenir que les problèmes spéculatifs *doivent* être ignorés. Sa portée peut être considérée comme purement descriptive : les problèmes spéculatifs tendent à être spontanément marginalisés lorsqu'ils sont placés en compétition avec d'autres types de problèmes à résoudre, comme c'est le cas au sein du champ scientifique. Cette dynamique se comprend bien si l'on considère l'affirmation complémentaire, selon laquelle les problèmes authentiques émergent d'une situation en tant qu'obstacle au déploiement des pratiques qui y prennent place. Si l'on projette ce principe sur notre conception de la situation comme système de pratiques, on peut en déduire qu'un problème très général soulevé dans le cadre d'une réflexion sur les modes d'acquisition des connaissances peut tout à fait être authentique et à ce titre, être spontanément mis au centre des pratiques scientifiques, *s'il est utile au-delà de lui-même* – s'il présente un intérêt pour d'autres pratiques. Or, il nous semble pertinent de considérer que la critique du réductionnisme et la mise en valeur de la pluralité qui lui est associée, appartient pleinement à ce troisième niveau de la pratique scientifique, correspondant à la « seconde visée de chercheur », selon la terminologie de Daniel Andler. Il s'agit en effet de noter la montée en puissance, dans différents espaces du champ scientifique, de théories et de pratiques expérimentales décrivant ou agissant sur le monde à ses niveaux d'organisation les plus fondamentaux (particules en physique, molécules et cellules en biologie). Or, force est de constater, avec Ruphy (2005) et Waters (2014), le manque de prise, réel et potentiel, de ces réflexions sur le champ scientifique. Ce dernier n'est pas devenu moins « réductionniste » du fait des arguments de Fodor, Kitcher, Dupré ou Longino – et l'on voit mal, intuitivement, comment il pourrait en être autrement. À cet état de fait, deux explications peuvent être apportées. On peut tout d'abord supposer que le réductionnisme constitue une position mé-

taphysique et épistémologique endossée par une majorité de chercheurs et engagée dans une lutte contre une position symétrique (anti-réductionniste). Dans cette lutte, la première aurait acquis un ascendant politique, idéologique ou psychologique qui lui aurait permis de concentrer les ressources, au détriment d'autres approches qui pourraient, ou auraient pu, s'avérer fécondes. Rappelons-ici, outre les arguments de Longino et Mitchell, les travaux de Kay (1993) et Abir-Am (1982) critiquant le virage réductionniste de la biologie accompagné par la Fondation Rockefeller (chapitre VII).

Une deuxième explication est cependant envisageable, qui soulignerait le fait que le réductionnisme, avant que d'être une position ontologique, est un ensemble de pratiques épistémiquement fécondes. C'est une idée similaire que défend, comme nous l'avons évoqué, Waters (2008a). Pour lui en effet, la découverte de l'ADN par Watson et Crick a entraîné non pas une révolution théorique portant sur nos conceptions du vivant, mais un changement radical des pratiques expérimentales. Ce réoutillage a été fécond en ce qu'il a permis de renouveler les stratégies d'investigation ayant cours en génétique et en biologie. Les débats portant sur la capacité de la biologie moléculaire à décrire correctement la nature du vivant passent alors à côté de cette dimension technique et opératoire du réductionnisme : si ce dernier s'impose, c'est qu'il fonctionne. Il s'agit notamment, pour Waters, de souligner que la recherche de modèles, de théories, de représentations générales et unifiées de tout ou partie du réel n'est pas le but principal de la science. L'isolement de phénomènes, leur reproduction et leur stabilisation en laboratoire sont en centre des pratiques scientifiques et sont à l'origine d'un grand nombre des problèmes traités, au quotidien, dans les laboratoires.

Dans une perspective pragmatiste, cette thèse revient à considérer que le réductionnisme, en tant qu'ensemble de pratiques, doit être jugé à l'aune de ses capacités à résoudre des problèmes authentiques et à en générer de nouveaux. Contre Waters, nous suggérons que cette formulation ne doit exclure en rien la dimension théorique du réductionnisme : on peut tout à fait admettre que ce dernier participe d'une nouvelle vision du vivant, voire de la structure du monde naturel, qui influe concrètement sur les pratiques scientifiques. Le point important est que cette perspective fait apparaître, en retour, qu'une position anti-réductionniste n'est susceptible d'avoir un impact sur les pratiques scientifiques que si elle permet de résoudre ou d'identifier des problèmes authentiques – dont la résolution est importante pour ces pratiques. Réciproquement, un anti-réductionnisme sera *spéculatif* s'il est déconnecté des pratiques existantes.

Toute la question est donc de savoir si les arguments anti-réductionnistes se plaçant sur un plan métaphysique ont ou non un intérêt pour d'autres pratiques (scientifiques ou extra-scientifiques). Notre position consiste à répondre par la négative à cette dernière question. Ce non n'est ni ferme,

ni définitif : il ne signifie pas que, par nature, les questions soulevées par les débats autour du réductionnisme sont condamnées à être et à rester spéculatives. Il s'agit simplement de souligner que, dans de nombreux contextes contemporains, les arguments anti-réductionnistes métaphysiques (portant sur la structure du monde naturel) ne trouvent pas d'écho dans les différents niveaux de la pratique scientifique, pour la simple et bonne raison qu'ils répondent à des problèmes qui ne s'y posent pas, ou pas sous cette forme. En cela, ils alimentent un anti-réductionnisme spéculatif. Le pluralisme ne peut se défendre sur la base d'affirmation du type : « la complexité est partout » (Mitchell, 2009, p. 1), mais uniquement comme réponse à une observation comme « tel phénomène semble être déterminé par plusieurs mécanismes causaux, que l'on ne parvient pas à intégrer en les projetant sur un même niveau d'organisation ». Dans les sections suivantes, nous justifions cette thèse en mobilisant deux études de cas, en continuité avec les données historiques du chapitre précédent. Nous examinerons ensuite quelques conséquences immédiates de nos analyses quant à la question de la gestion des ressources allouées à la recherche.

IX.5 La pratique du réductionnisme en psychiatrie

Comment est, très concrètement, pensé et pratiqué le réductionnisme en psychiatrie, dans ses aspects cliniques (soin) et théoriques (explication des phénomènes pathologiques) ? Nous avons montré, dans le chapitre précédent, que la découverte des neuroleptiques avait fortement motivé un tournant neurochimique et neurobiologique dans l'appréhension des troubles mentaux. Ce dernier a donc été, à l'origine, déterminé pragmatiquement, par l'exigence du soin : c'est parce que ces traitements ont radicalement bouleversé la pratique de la psychiatrie clinique (Missa, 2006) qu'ils ont été l'objet de recherches intensives. En particulier, l'élucidation des mécanismes d'action de ces molécules a ouvert la voie à des théories réductionnistes (neurochimiques) des maladies mentales. Comment penser alors la place de cette réduction des troubles mentaux à leurs fondements neurobiologiques dans l'économie générale de la recherche en psychiatrie ?

IX.5.1 L'approche mécaniste

Notons tout d'abord que la réflexion philosophique sur la nature de cette démarche réductionniste, fleurissante ces dernières années (Radden, 2004), a pu mettre en évidence ses déviations par rapport au modèle classique, associant réduction à explication réductive (Nagel) et explication à subsumation sous des lois (Hempel). La raison en est que les explications réductionnistes en psychiatrie ne cherchent pas à expliciter des lois, mais à mettre en évidence des *mécanismes* :

Les explications réductives en psychologie et en neurosciences ne peuvent être conçues comme des dérivations logiques. Ces disciplines cherchent plutôt des mécanismes qui peuvent servir d'explications pour les motifs, les effets, les capacités ou les phénomènes (Eronen, 2011, p. 19).

Cette idée selon laquelle la biologie en générale et la psychiatrie, la neurobiologie, les neurosciences en particulier, cherchent à élucider des mécanismes, est relativement consensuelle (Thagard, 2006 ; Craver, 2007 ; Kendler, 2008 ; Bechtel, 2008). Sans entrer dans le détail de cette notion de mécanisme, retenons en une définition simple, qui nous suffira pour construire notre argument. Dans l'introduction de leur *Routledge Handbook of Mechanisms and Mechanical Philosophy*, Glennan et Illari (2017) conçoivent ce qu'ils appellent un « mécanisme minimal » de la manière suivante : « un mécanisme, pour un phénomène, est constitué d'entités (ou de parties) dont les activités et les interactions sont organisées de manière à produire ce phénomène » (*Ibid.*, p. 2). Glennan (2002) en fournit une définition plus précise : « un mécanisme pour un comportement est un système complexe qui génère ce comportement par les interactions d'un grand nombre de parties, où les interactions entre ces parties peuvent être caractérisées par des généralisations (...) invariantes » (S344). La notion de *généralisation invariante* fait référence aux théories interventionnistes de la causalité (Woodward, 2000). Retenons ici que cette expression désigne « une relation entre plusieurs variables par laquelle un changement dans une variable entraîne un changement dans une autre » (Glennan, 2002, S345). Il s'agit simplement de rendre compte des relations causales existant entre les parties d'un système générant un phénomène ou un comportement. Plus importante pour nous est la notion de *parties*. Glennan note que « ces parties sont des objets, au sens le plus général. Elles possèdent un relativement haut degré de stabilité et de robustesse : en absence d'interventions, leur propriétés doivent rester relativement stables » (S344). Il ajoute que « généralement ces parties peuvent être spatialement localisées ». Ces parties peuvent donc être manipulées de manière relativement indépendantes les unes des autres, comme le précise Glennan (2008) (p. 378). Par suite :

Un mécanisme opère par les interactions de ses parties. Une interaction est un événement durant lequel un changement dans les propriétés d'une de ces parties entraîne un changement dans les propriétés d'une autre de ces parties. Par exemple, un changement dans la position d'une des aiguilles d'une horloge peut entraîner un changement dans la position d'une autre aiguille (Glennan, 2002, S344).

Plusieurs clarifications s'imposent à ce stade. Tout d'abord, les entités ou parties impliquées dans un mécanisme peuvent être de nombre et de nature divers. Ainsi, « le mécanisme de la contraction

musculaire est constitué de relativement peu de parties (muscles, os, cartilages, etc.), suffisamment peu pour que les scientifiques puissent identifier chacune des parties en fonction de leur rôle dans le mécanisme. Par contraste, les mécanismes moléculaires comme celui de la synthèse protéique possèdent beaucoup de parties (...) et d'opérations distinctes » (Glennan et Illari, 2017, p. 97). En outre, « la variété des entités impliquées dans les mécanismes est très grande, depuis l'ADN et les ARNm dans la synthèse protéique jusqu'aux électrons et noyaux stellaires en astrophysiques, en passant par les gens et les institutions telles que les banques centrales dans les mécanismes économiques. Le même mécanisme peut inclure des entités de tailles distinctes » (*Ibid.*, p. 94¹⁶⁹).

Ensuite, il faut noter, avec Glennan (2008), que « les mécanismes sont hiérarchiques » (p. 378). En effet, les parties d'un mécanisme sont souvent elles-mêmes des mécanismes. Soit un comportement *A* que l'on cherche à expliquer – un recul physique face à une situation effrayante, par exemple. Ce comportement est le fait d'interactions entre des parties du cerveau (l'une gérant la perception, l'autre le sentiment de peur, l'autre le réflexe physique de recul). Chacune de ces parties est elle-même un système mécaniste composé de parties (les neurones et les cellules gliales, organisés en réseaux). Ces parties sont également décomposables en molécules de toutes sortes (protéines notamment), puis en acides aminés. Dans l'autre sens, les mécanismes constituant le comportement *A* sont intégrés à d'autres niveaux d'organisation – l'organisme, l'environnement, la société.

D'autre part, l'interaction des parties d'un mécanisme tend à générer des comportements stables (Glennan, 2008, p. 378). Les modifications de ces interactions ou de la nature d'une ou l'autre de ces parties, entraînent alors des phénomènes jugés anormaux : par exemple, les symptômes de la schizophrénie. Typiquement, ce sont ces phénomènes que l'on va chercher à expliquer, en mettant en évidence les interactions entre les parties constitutives du mécanisme. Il est dès lors aisé de comprendre que les explications mécanistes que l'on construit vont mobiliser des parties spécifiques du système mécaniste considéré. Les interactions de *certaines* parties du cerveau vont ainsi être étudiées dans le cas de l'explication des symptômes de la schizophrénie et d'autres vont l'être dans

¹⁶⁹Cette variété des échelles ou niveaux d'organisation pouvant être impliqués dans un même mécanisme est un élément important pour penser les rapports ambivalents du mécanisme aux différentes formes de réductionnisme. De l'aveu même de Glennan et Illari (2017), « les explications mécanistes sont réductionnistes au sens où elles supposent que les propriétés et les activités des parties sont sous-jacentes aux propriétés et activités du tout, mais elles ne sont pas exclusivement réductionnistes (*not nothing-but reductionism*). Les mécanistes prennent au sérieux la réalité des objets complexes. Ils reconnaissent que différents domaines scientifiques étudient différents types d'entités, impliquées dans différents types d'activités » (p. 1). Comme nous le verrons, ce point est tout à fait central dans notre critique des formes spéculatives de l'anti-réductionnisme.

le cas de la dépression. Les parties jugées pertinentes à prendre en compte dépendront donc du phénomène étudié (Glennan, 2008, p. 377).

De manière plus générale, nous suggérons ici que la nature de l'explication mécaniste que l'on cherchera à bâtir dépendra de nos *intérêts* d'une part, et de notre *connaissance* du système et de ses parties, d'autre part. Ici, l'exigence du soin joue un rôle clé. Si l'on juge la psychanalyse efficace, on expliquera les troubles mentaux en termes d'interactions entre des parties non explicitement ancrées dans un substrat biologique. Dans le cadre de la recherche de traitements chimiques à l'inverse, on cherchera à élucider les mécanismes neurochimiques des pathologies.

Au delà de la pratique du soin elle-même, l'intérêt de cette conception mécaniste de l'explication est qu'elle semble bien rendre compte des modes de théorisation en psychiatrie. Plusieurs types de modèles ont été proposés pour rendre compte des formes prises par les explications mécanistes. Le pluralisme intégratif de Mitchell (2002, 2008) y trouve bien entendu sa place. Comme nous l'avons vu dans les sections précédentes, ce dernier est relayé par le mécanisme de Kendler *et al.* (2005) et Kendler (2009). Faucher et Goyer (2016) citent également le réductionnisme fragmentaire de Schaffner (2013), le pluralisme sur une base empirique (Kendler, 2012), le pluralisme tolérant et non intégratif (Kendler, 2014). L'idée générale, exemplifiée par les études de Kendler *et al.* (2005) sur la dépression, est la suivante : les explications en psychiatrie tendent à assembler des modèles mécanistes partiels, mobilisant des parties de nature distinctes (l'environnement, les zones cérébrales, les neurones, les neuromédiateurs), en fonction de nos intérêts et de la finesse de notre connaissance du système considéré (le cerveau), c'est-à-dire des interactions entre les parties qui le composent et de leur insertion dans des mécanismes de plus haut niveau. Concrètement, les réductions opérées sont « partielles, rampantes ou fragmentaires » (Faucher et Goyer, 2016, p. 11, citant Schaffner). Cette idée est explicitée par Kendler comme suit :

Imaginez qu'il existe 15 niveaux distincts d'explication dans le système du cerveau ou de l'esprit entre l'ADN à un bout et les manifestations cliniques de la schizophrénie à l'autre. Le chercheur 1 conduit des études cherchant à relier directement les niveaux 1 et 15 mais ne procurant pas de compréhension de ce qui se passe aux niveaux intermédiaires. Le chercheur 2 cherche à comprendre, au niveau moléculaire, ce que fait la transcription d'un gène modifié, tentant ainsi d'aller du niveau 1 au niveau 2 ou 3. Pendant ce temps, le chercheur 3 tente de comprendre les déficits neuropsychologiques d'un patient souffrant de schizophrénie, essayant de clarifier le lien entre les niveaux 13 et 15 (Kendler *et al.*, 2005, p. 438, cité par Faucher et Goyer, 2016, p. 11)

La meilleure traduction, dans la pratique, de ce mécanisme impliquant un réductionnisme fragmentaire est sans doute le *Research Domain Criteria* (RDoC), programme du *National Institute of Mental Health* visant à renouveler les catégories diagnostiques de la psychiatrie (Faucher et Goyer, 2016). L'idée est de parvenir à remplacer les systèmes traditionnels de classification, en particulier le DSM, qui sont notoirement reconnus comme insatisfaisants sur plusieurs points (p. 2). L'objectif explicite est de développer une « médecine de précision pour la psychiatrie (...) qui serait informée par les données des sciences de base » (Faucher et Goyer, 2016, p. 3, citant Insel, 2014, p. 396).

IX.5.2 Le cas du RDoC

La question que posent Faucher et Goyer (2016) est la suivante : le RDoC est-il réductionniste ? Si oui, quel type de réductionnisme pratique-t-il ? Afin de bien comprendre la réponse apportée par les auteurs et son intérêt pour notre réflexion, présentons tout d'abord brièvement la méthode RDoC et ses objectifs. Comme le notent Faucher et Goyer (2016) :

Une des idées principales derrière le RDoC est que le comportement normal dépend du fonctionnement de systèmes en charge des fonctions mentales et comportementales, qui à leur tour dépendent de l'intégrité des circuits neuronaux. La mise en place et le fonctionnement de ces systèmes neuro-comportementaux peuvent être affectés par certaines perturbations des gènes ou par des facteurs environnementaux. Une maladie mentale particulière, dans ce cadre, résulte d'anormalités dans un ou plusieurs de ces systèmes neuro-comportementaux qui donnent lieu à des comportements ou à un fonctionnement cognitif déviants (p. 4).

L'identification des circuits neuronaux défectueux doit alors passer, en premier lieu, par une démarche d'analyse des comportements pathologiques selon une grille associant des « domaines de fonctionnement » qui correspondent aux grandes catégories de la cognition telles qu'elle se dégagent des travaux des neurosciences (moléculaires et cognitives)¹⁷⁰ et des différents niveaux d'analyse. Ces derniers comprennent « le niveau génétique, moléculaire, cellulaire, des circuits neuronaux, physiologique, du comportement et des rapports d'auto-évaluation » (p. 4). Ces domaines de fonctionnement, aux différents niveaux d'analyses, peuvent être étudiés selon plusieurs techniques expérimentales re-

¹⁷⁰ « Ces domaines sont identifiés comme étant (a) les systèmes de valence négative, (b) les systèmes de valence positive, (c) les systèmes cognitifs, (d) les systèmes chargés de processus sociaux et (e) les systèmes d'éveil et modulateur. Chacune de ces dimensions fonctionnelles peut être à son tour divisée en construits particuliers : par exemple, le domaine des "systèmes cognitifs" comprend l'attention, la perception, la mémoire déclarative, le langage, le contrôle cognitif et la mémoire de travail » (p. 4).

connues listées par le RDoC. Le tout est représenté sous la forme d'une matrice¹⁷¹ faisant état des connaissances disponibles pour chaque domaine de fonctionnement, à chaque niveau d'analyse. Le point nodal de la démarche RDoC est donc la combinaison d'une attention portée à l'égard des circuits neuronaux, considérés comme la cause matérielle des pathologies mentales et l'importance accordée à une large gamme de niveaux d'analyse dans la description et l'analyse de ces mêmes pathologies. Au sein de cette démarche, certains ont cru pouvoir déceler une forme de dérive réductionniste (Gold, 2009). Le travail de Faucher et Goyer (2016) consiste à nuancer cette accusation, en notant que la prise en compte des différentes dimensions des pathologies mentales autorisait l'identification de mécanismes causaux à plusieurs niveaux. En particulier, le rôle de « l'environnement physique, social et culture » est explicitement pris en compte (p. 5). Sanislow *et al.* (2010) décrit la nature de cette tension comme suit :

[En raison de] la grande attention qu'il accorde au processus biologiques et aux circuits neuronaux, l'effort du RDoC peut être compris comme étant réductionniste. Cependant, l'attention aux mécanismes de bas niveau ne nécessite pas que les construits de haut niveau soient abandonnés/rejetés. La plupart des chercheurs sont d'accord pour dire que les influences causales sont multidirectionnelles à travers les niveaux (c'est-à-dire à travers les gènes, les molécules, les systèmes cellulaires, les circuits neuronaux et le comportement), conduisant même certains à parler plutôt de « pluralisme explicatif » ou de « réductionnisme fragmentaire » comme une solution de rechange au réductionnisme (Sanislow *et al.*, 2010, p. 633, cité par Faucher et Goyer, 2016, p. 8)

Autrement dit, le type de réductionnisme porté par RDoC ne s'oppose pas, en principe, à l'existence d'une multiplicité de causes déterminant les phénomènes pathologiques et le fait que ces causes soient descriptibles en mobilisant des niveaux d'organisation distincts. Cependant, il affirme, au niveau ontologique, que « les désordres psychiatriques sont des désordres biologiques impliquant des circuits du cerveau qui sous-tendent des domaines spécifiques de la cognition, des émotions ou du comportement » (Faucher et Goyer, 2016, p. 6). C'est ce type de proposition qui fait craindre à des philosophes comme Gold (2009) que « les entités des sciences psychologiques devraient être reléguées au statut d'éléments de substitution voués à être remplacés par les neurosciences et la biologie moléculaire » (Faucher et Goyer, 2016, p. 6, citant Gold, 2009, p. 507). Selon nous, ce type d'interprétation est symptomatique d'un *anti-réductionnisme spéculatif* à l'origine de ce que nous proposons de nommer une *panique épistémique* sur le modèle de la notion de *panique morale*. Cette

¹⁷¹Consultable en ligne sur <http://www.nimh.nih.gov/research-priorities/rdoc/researchdomain-criteria-matrix.shtml> (consulté le 2 septembre 2018).

dernière, popularisée notamment par Cohen (1972), désigne canoniquement une situation où « une condition, un incident, une personne ou un groupe de personnes sont brusquement définis comme une menace pour la société, ses valeurs et ses intérêts ; ils sont décrits de façon stylisée et stéréotypée par les médias ; des rédacteurs en chef, des évêques, des politiciens et d'autres personnes bien pensantes montent au créneau pour défendre les valeurs morales ; des experts reconnus émettent un diagnostic et proposent des solutions ; les autorités développent de nouvelles mesures ou – plus fréquemment – se rabattent sur des mesures existantes ; ensuite la vague se résorbe et disparaît, ou au contraire prend de l'ampleur » (Cohen, 1972, p. 1). La panique morale conduit donc à considérer de manière irrationnelle (c'est-à-dire, en excédant les données disponibles ou du fait de biais de raisonnement) un objet (une personne, une culture) comme mettant en danger un ensemble de valeurs. Par analogie, on peut définir la panique épistémique dans le cas du réductionnisme comme la crainte de voir certaines pratiques ou disciplines considérées comme « de bas niveau » s'imposer au détriment d'autres – et donc, de voir triompher de manière illégitime une forme de monisme remettant en cause la nécessaire pluralité des objets, des méthodes et des disciplines. La panique épistémique pour ainsi les chercheurs à caricaturer des pratiques considérées comme ennemies (la recherche d'explications réductionnistes), à exagérer leur portée ainsi que leur volonté et leur capacité d'hégémonie, et à se poser en défenseurs de valeurs jugées en danger (le pluralisme scientifique, sous ses différentes formes). Les propos de Gold (2009) sont selon nous symptomatiques de cette peur excessive : la crainte de voir disparaître les entités des sciences psychologiques ne peut être rationnellement justifiée à partir de la seule analyse des pratiques scientifiques actuelles, et des discours qui les accompagnent. Comme nous allons tenter de le justifier, cette panique épistémique est donc, selon nous, injustifiée et surtout totalement inopérante sur les pratiques scientifiques.

Premièrement, comme nous l'avons noté à la suite de Faucher et Goyer (2016), il apparaît que la RDoC se réclame « explicitement de formes de pluralisme ou de réductionnisme qui admettent l'existence de facteurs causaux à différents niveaux de réalité. En conséquence, si les modèles que les chercheurs développent dans ce cadre incluent des facteurs de bas niveau, ils incluent aussi des facteurs de plus haut niveau (...). Il ne semble donc pas, à première vue, que le RDoC adopte une forme d'éliminativisme explicatif » (p. 15). Un exemple concret justifiant cette position peut être trouvée dans les travaux d'Insel, actuel directeur du NIMH et cheville ouvrière du RDoC. Ce dernier, bien que présentant les pathologies mentales comme le fait de « circuits défectueux » dans le cerveau (Insel, 2010a), souligne également le rôle des facteurs environnementaux dans le déclenchement de

ces mêmes pathologies (Insel, 2010b). Il nous semble donc, à ce stade, que le réductionnisme du RDoC présente deux caractéristiques majeures.

D'une part, il assume un monisme matérialiste, allant de pair avec l'affirmation d'un principe correspondant au principe de clôture causale de Kim (1998). L'idée selon laquelle les pathologies mentales sont, ultimement, causées par des réseaux neuronaux défectueux est la traduction littérale, au niveau neurobiologique, du principe métaphysique énoncé par Kim : un événement neurologique (respectivement physique) a une cause neurologique (respectivement physique). Si l'on opte pour une ontologie matérialiste, il semble en effet cohérent de considérer qu'aucune cause située à un niveau d'organisation non mental ne puisse agir directement, de manière strictement descendante, sur le niveau mental. C'est ce même point qui est exprimé par le psychiatre américain Kandel, lorsqu'il affirme que

les troubles du comportement qui caractérisent les maladies psychiatriques sont des troubles de la fonction cérébrale, même dans les cas où les causes de ces désordres sont clairement d'origine environnementale (Kandel, 2002 [1998], p. 19).

Bien que nous trouvions cette prise de position cohérente et convaincante, nous verrons qu'un désaccord sur ce principe de clôture causale (par exemple, la défense d'une doctrine émergentiste, voire d'une ontologie non moniste matérialiste) n'a en fait que peu d'incidence sur la pratique du réductionnisme, étant donnée que celle-ci est surtout guidée et motivée par sa fécondité épistémique, selon la logique interne de l'enquête.

D'autre part et comme conséquence de ce premier point, la caractérisation des causes non biologiques des pathologies mentales n'est pas remise en cause, car elle reste utile sur plusieurs plans. Tout d'abord, elle peut permettre de répondre à l'exigence du soin. Le développement de psychothérapies ne dépend pas, pour le moment du moins, de la connaissance neurochimique des maladies mentales. Deuxièmement, elle est nécessaire à la description mécaniste des troubles mentaux. L'intégration de mécanismes impliquant des parties situées au niveau cérébral (circuits, neurones, protéines) avec des mécanismes impliquant des parties ancrées dans des niveaux supérieurs (société) est indispensable pour construire un schéma *complet* des déterminants d'un trouble mental donné. Les travaux de Kendler *et al.* (2005) sur la dépression illustrent parfaitement cette idée. Troisièmement, l'identification de ces causes non biologiques peut servir d'heuristique pour guider la recherche en neurosciences cellulaires et moléculaires, en définissant des objets d'étude. Une fois établi un mécanisme par lequel l'environnement vient jouer un rôle dans le déclenchement de troubles mentaux, rien n'interdit, en droit, de chercher à en fournir une explication, elle-même mécaniste. Celle-ci passera alors par la

description des interactions entre les parties sous-jacentes à ce mécanisme – les circuits, les neurones, les neuromédiateurs¹⁷².

Nous allons illustrer et justifier cette idée en examinant une des formes concrètes prises par le débat réductionnisme *vs.* anti-réductionnisme au sein même des pratiques scientifique.

IX.5.3 Le débat Bickle *vs.* Kendler

Sur la base de l'application du principe de clôture causale du monde physique à la neurobiologie (telle qu'est exprimée notamment par Kandel, 1998), le neuroscientifique Bickle a défendu le programme réductionniste ayant cours dans sa discipline (Bickle, 2003, 2006, 2008). De manière intéressante, il revendique un ancrage *pratique* de ce réductionnisme et l'oppose à l'anti-réductionnisme de la philosophie de l'esprit :

En opposition avec l'attitude dénigrante vis-à-vis du réductionnisme qui est populaire dans la philosophie de l'esprit contemporaine, un réductionnisme "impitoyable" (*ruthless*) est bien vivant et florissant en "cognition cellulaire et moléculaire" (...). Les pratiques expérimentales et les résultats émergeant de ce champ impliquent que certaines assertions communes (...) sont fausses : (1) que nous savons peu de choses à propos du fonctionnement du cerveau et (2) que les neurosciences de bas niveau ne peuvent pas expliquer la cognition et les comportements complexes. Ces pratiques expérimentales passent par des interventions directes sur les composants moléculaires des réseaux sub-cellulaires et la mesure de comportements spécifiques (Bickle, 2006, p. 411).

Afin d'illustrer son propos, Bickle développe des exemples d'explications moléculaires de phénomènes cognitifs, comme la mémoire sociale chez les mammifères (Bickle, 2008). Il prolonge ses exemples par des propositions de méthodologies réductionnistes devant permettre de trouver les mécanismes cellulaires et moléculaires expliquant des phénomènes cognitifs (Bickle, 2003). Cependant, il est crucial de remarquer que cet exposé, *centré sur les pratiques scientifiques effectives des neurosciences moléculaires*, ne rejette absolument pas l'existence de causes ancrées dans des niveaux non strictement biologiques. Il affirme ainsi que « les événements ayant lieu dans l'environnement des organismes sont souvent partie prenante dans le réseau causal (*causal nexus*) produisant le comportement » (Bickle, 2008, p. 473). Son propos consiste simplement à défendre, contre un anti-réductionnisme de principe (qu'il attribue à la philosophie de l'esprit), une démarche consistant à tenter de réduire les mécanismes observés à un niveau supérieur par des mécanismes de plus bas

¹⁷²Un exemple intéressant de cette démarche peut être trouvée dans l'intérêt actuel pour la recherche des bases biologiques des concepts de la psychanalyse (Solms, 2006).

niveau. Dans ce cadre, la psychologie, les neurosciences cognitives sont utiles en tant qu'heuristiques permettant à la neurobiologie de proposer des hypothèses à tester.

Contre le « réductionnisme impitoyable » de Bickles, certains auteurs, comme Kendler, ont souligné la difficulté concrète, en psychiatrie, de formuler des modèles mécanistes radicalement réductionnistes. En effet, « les modèles radicalement réductionnistes (*hard reductive*) supposent l'existence de relations bijectives entre les processus fondamentaux et les variables de sortie. De telles relations simples ne sont pas *plausibles* pour les maladies psychiatriques » (Kendler, 2005, p. 437, *nous soulignons*). Tout d'abord, « les facteurs de risque individuels prédisposent à différents désordres psychiatriques, en fonction d'autres facteurs génétiques, développementaux, environnementaux » (*Id.*, *nous soulignons*). En outre, « l'impact des facteurs génétiques (...) peut être modifié par l'environnement, les expériences de vie et l'exposition à des forces culturelles (...). L'action des facteurs de risque biologiques est modifiée par des forces agissant à des niveaux d'abstraction plus élevés » (p. 437). Kendler note également que « l'expression génétique est profondément modifiée par des stimulus environnementaux simples (les cycles jours/nuit) ou complexes (apprentissage, séparation maternelle) et *des aspects généraux de l'anatomie neuronale et cérébrale peuvent être modifiés par l'expérience* » (*Id.*, *nous soulignons*). Finalement, « une approche réductionniste dure des maladies psychiatriques sera *vaine* si les risques neurobiologiques sont modifiés par des processus de haut niveau » (*Id.*, *nous soulignons*). Plusieurs points importants méritent d'être soulevés à la lecture de ces extraits.

Premièrement, le réductionnisme de Bickle est critiqué *sur le plan strictement scientifique*. Kendler affirme simplement que la recherche des causes *génétiques* des maladies mentales se heurtera à des obstacles sur le plan pratique, du fait de la variabilité de l'expression des gènes en fonction des conditions environnementales. Notons bien que le réductionnisme de Bickle est critiqué non pas en tant que posture ontologique, mais en tant que valorisant un certain déterminisme génétique. Face à cette mise en valeur des facteurs de risque biologiques, Kendler rappelle l'importance, démontrée scientifiquement (il donne un grand nombre de références de travaux expérimentaux), d'autres mécanismes causaux, indépendants des gènes. Cependant, il est frappant de constater que Kendler, dès qu'il le peut, ramène ces mécanismes causaux au niveau d'organisation cellulaire et neurobiologique. Ainsi, il note que l'environnement modifie l'architecture cérébrale, qu'il agit sur l'expression des gènes, etc. Autrement dit, il explique également les mécanismes observés à haut niveau par les

interactions causales d'entités sous-jacentes. Finalement, Kendler ne critique pas réellement le réductionnisme en général, mais le réductionnisme génétique, voire, plus exactement, le déterminisme génétique. La meilleure preuve apportée contre la possibilité de suivre à la lettre le programme de Bickle pour les maladies psychiatriques est l'existence connue de mécanismes causaux interagissant avec l'expression génétique. De ces obstacles prévisibles auquel devra faire face le réductionnisme « impitoyable » de Bickle, Kendler déduit que « la biologie précisera mais ne remplacera pas la psychologie dans nos systèmes explicatifs » (Kendler, 2008, p. 695). Comme nous l'avons noté lorsque nous avons présenté le pluralisme radical de Longino, Kendler défend une forme de coévolution de la biologie et de la psychologie, au sein de laquelle la psychologie guide les investigations en neurobiologie¹⁷³. Les deux tendront alors à « s'imbriquer » (p. 701) (Kendler parle du *nesting of biological and psychological perspectives*). La différence avec la position de Bickle (donnant aux théories de haut niveau un rôle heuristique) est donc, somme toute, assez fine. Elle repose essentiellement sur la croyance, ou le scepticisme, vis-à-vis de la *faisabilité pratique* d'une description entièrement réduite à la neurobiologie des phénomènes cognitifs. Dans tous les cas, ce débat est nourri d'arguments exclusivement scientifiques, c'est-à-dire basés sur les possibilités techniques des neurosciences et les connaissances actuellement disponibles. Rien n'excède, dans la discussion entre Kendler et Bickle, le cadre défini par les pratiques scientifiques en cours. Si ces dernières permettent de construire une explication mécaniste entièrement réduite (comme c'est le cas, selon Bickle, pour la mémoire sociale chez les souris [Bickle, 2008]), Kendler n'y trouvera sans doute rien à redire. Réciproquement, si la réduction des maladies psychiatriques à un déterminisme génétique se heurte à des obstacles, Bickle acceptera sans nul doute d'intégrer à l'explication des facteurs environnementaux. Dans ce dernier cas, Kendler sera sans doute tout à fait ouvert à l'idée de chercher à expliquer, au niveau neurobiologique, la nature de l'interaction mécaniste entre les gènes, l'environnement et les circuits neuronaux.

En résumé, le débat réductionnisme *vs.* pluralisme, tel qu'il se déroule au plus près des pratiques scientifiques, a un contenu bien différent de celui que nous avons esquissé à travers l'analyse des travaux de Longino et Mitchell. En particulier, aucune référence à des termes porteurs de présupposés ontologiques, comme celui de *complexité* ou de *causalité descendante*, ne semble nécessaire pour discuter de la pertinence, des limites et des modalités de la réduction de la psychologie à la bio-

¹⁷³ « Les théories les plus fondamentales fournissent les détails mécanistes de la manière dont s'accomplissent les fonctions proposées par les théories plus abstraites » (Kendler *et al.*, 2005, p. 702).

logie. Cette observation va nous permettre, finalement, de clarifier la notion d'*anti-réductionnisme spéculatif*, en l'opposant à la manière dont l'antagonisme réductionnisme/anti-réductionnisme tend spontanément à être formulé, vécu et pratiqué au sein du champ scientifique.

IX.5.4 Conclusion : faut-il avoir peur du réductionnisme en psychiatrie ?

Nous avons vu précédemment que des démarches comme le RDoC, ou comme le « réductionnisme impitoyable » de Bickle, tendait à générer, en particulier dans la communauté philosophique, des craintes (que nous avons qualifiées de panique épistémique) face au spectre d'une psychiatrie toute entière réduite à la neurobiologie moléculaire, voire à la physique des particules. Nous avons montré, dans cette section, que cette panique était sans doute injustifiée, car le type d'explication mécaniste mise en œuvre ne conduisait pas à un rejet des causes environnementales, sociales, familiales des pathologies mentales. Ce réductionnisme repose simplement sur un principe de clôture causal dérivant directement d'une ontologie matérialiste (largement partagée en science), affirmant qu'en dernier ressort, les pathologies mentales sont le fait de circuits neuronaux défailants. Le programme « réductionniste » consiste alors, à partir d'une explication mécaniste E engageant des parties P appartenant à un certain niveau N , à considérer ces parties P comme étant elles-mêmes des mécanismes à expliquer. Cette explication passera par la mobilisation d'entités (de parties) situées au niveau $N-1$. Cette perspective correspond bien à la pratique concrète du réductionnisme telle que nous avons pu l'exemplifier. D'une part, elle rend compte du fait que la majorité des scientifiques (y compris ceux étiquetés « réductionnistes ») s'accordent à considérer comme important le maintien, *au moins temporaire*, de disciplines de haut niveau, permettant d'identifier des mécanismes. D'autre part, elle s'accorde bien avec la manière dont des chercheurs comme Kendler conçoivent leur pluralisme et leur « anti-réductionnisme ». Il ne s'agit pas, pour eux, de remettre en cause le fait que tout mécanisme explicatif est, *en droit*, réductible à des mécanismes faisant appel à des parties, des entités de plus bas niveau. Le débat porte sur la *faisabilité*, dans des cas bien précis, de ce réductionnisme. La réduction des mécanismes sous-tendant la genèse de la mémoire sociale chez la souris par Bickle (2003) est, en-elle même, valable, mais pas forcément praticable en psychiatrie. Les obstacles auxquels elle se heurte dans ce dernier cas sont eux-mêmes réductibles à des mécanismes biologiques, voire génétiques – influence de l'environnement sur les gènes, modification de la structure cérébrale par l'apprentissage, etc. Finalement, c'est donc la pratique de la réduction elle-même qui permet d'en fixer les modalités et les limites.

Bien entendu, il est tout à fait possible de considérer que cet argument fait preuve de naïveté vis-à-vis de la véritable nature du programme réductionniste. On pourrait supposer, en effet, que celui-ci aurait pour objectif final de parvenir à éliminer totalement les sciences de haut niveau (comme la psychologie ou la sociologie), sur la base d'un parti-pris épistémologique, voire ontologique méritant d'être discuté – à savoir, que les pathologies mentales sont, en dernier ressort, organiques et que le pouvoir causal des niveaux supérieur (l'esprit) peut être réduit (peut être expliqué par) un pouvoir causal opérant à un des niveaux inférieurs (les circuits cérébraux, les neurones). Dans ce cas, il constituerait un lobbie visant à détourner les fonds vers des disciplines de bas niveau (les neurosciences cellulaires et moléculaires) au détriment des disciplines de plus hauts niveaux (la psychologie). Il faudrait alors exercer une forme active de protection, de valorisation de la pluralité. C'est, rappelons-le, la forme que prennent les positions de Longino ou de Mitchell lorsqu'elles s'appliquent aux politiques scientifiques (chapitre VIII). Il nous semble que deux contre-arguments peuvent être opposés à ces thèses.

Le premier réinvestit les travaux de Waters défendant sa « métaphysique basée sur la pratique ». Comme nous l'avons souligné dans le chapitre IV, le philosophe montre à travers plusieurs études de cas en biologie qu'une certaine perspective « fondamentaliste » sur les sciences conduit souvent à intellectualiser à l'excès les pratiques scientifiques. Ainsi met-il en avant le fait que l'objectif de la science n'est pas l'obtention de théories générales, unifiées, basées sur des concepts clairement définis. La plupart du temps, la pratique de recherche est motivée par le traitement *pragmatique* de problèmes locaux. Leur résolution n'implique pas la construction de représentations théoriques complètes des objets sur lesquels elle opère. Il applique cette idée au débat sur le réductionnisme, en montrant que le virage opéré par la biologie vers la biologie moléculaire est avant tout une modification des pratiques de recherche, n'allant pas de pair avec une modification profonde des théories sur le vivant (Waters, 2008a). Il critique ainsi la position selon laquelle la biologie moléculaire serait une « théorie fondamentale », dont on pourrait se demander si « elle fournit des bases suffisamment solides pour transformer les sciences biologiques » (p. 238). Pour lui, la biologie moléculaire est avant tout un ensemble de pratiques expérimentales permettant de renouveler les stratégies d'investigation utilisées en génétique et en biologie plus généralement. En particulier, point n'est besoin de se demander si le concept d'ADN a ou non permis de *réduire* celui de gène pour utiliser les techniques de manipulation de la génétique moléculaire. Si l'on accepte telle quelle la perspective offerte par Waters, il apparaît que le réductionnisme ne doit pas être conçu comme un parti-pris ontologique ou épistémologique portant sur la structure du monde naturel ou le type de savoirs que l'on peut

espérer acquérir à son sujet. Ainsi, suivre une démarche réductionniste n'impliquerait en rien que l'on *soit* réductionniste, c'est-à-dire que l'on véhicule une certaine représentation générale du vivant. Pour Waters, le réductionnisme s'impose car il fonctionne : il permet de résoudre des problèmes anciens et d'en poser de nouveaux. En cela, il guide et dynamise la recherche. Nos observations sur le contexte d'émergence de la perspective réductionniste sur les pathologies mentales confirme en partie cette idée. C'est la recherche de traitements, conduite par la nécessité pratique du soin, qui a imposé une lecture neurochimique des troubles psychiatriques. Ce réductionnisme s'est dès lors traduit dans la mise au point de techniques d'investigation et d'observation permettant d'expliquer les mécanismes d'action des neuroleptiques.

Cependant, nous avons également pu montrer que cette démarche a été accompagnée, chez les psychiatres eux-mêmes, par un discours beaucoup plus *général* sur la possibilité d'expliquer entièrement les maladies mentales, voire le fonctionnement du cerveau, par la neurochimie et la neurobiologie. Il y a donc certainement, au sein des pratiques scientifiques, un souci « fondamentaliste » de formuler des théories unifiées, des représentations homogènes et cohérentes. Dans ce cadre, il nous semble qu'il faut prendre les arguments anti-réductionnistes évoqués précédemment plus au sérieux que ne le fait Waters. Il nous faut supposer que la pratique du réductionnisme est effectivement sous-tendue par une certaine représentation générale du vivant, qui tend à orienter la recherche vers la compréhension des mécanismes neurobiologiques et moléculaires déterminant le comportement humain, sain et pathologique. Contrairement à ce que soutient Waters, un désir d'unification, de clarification théorique (niveau 2 de la pratique scientifique), voire une posture de surplomb épistémologique ou métaphysique (niveau 3 de la pratique scientifique) peut jouer un rôle dans la manière dont s'oriente la recherche. Il est donc légitime de se demander si le programme réductionniste (en tant que théorie ou perspective générale sur le vivant) est épistémiquement néfaste et à quelles conditions il est nécessaire de lui opposer une valorisation active de la pluralité.

C'est ici qu'intervient notre second argument, consistant à souligner que la même logique interne de l'enquête, déterminant la manière dont sont posés les problèmes importants à résoudre, s'applique à tous les niveaux de la pratique scientifique et de la situation de manière plus générale. Rappelons que, selon la perspective que nous avons développée dans la partie 2, il existe une exigence d'*authenticité* contraignant le type de questions étant amenées à être posées et traitées par le champ scientifique. Nous avons montré que cette marginalisation des problèmes spéculatifs était une tendance spontanée, endogène au champ scientifique. Nous avons ensuite mis en valeur, dans les chapitres précédents, le fait que cette dynamique pouvait être étendue en prenant en compte le

reste du monde social. En effet, les problèmes exogènes, surgissant à l'extérieur de toute démarche de recherche scientifique, viennent influencer spontanément sur l'authenticité d'un problème ; c'est-à-dire sur l'importance que l'on peut attribuer à sa résolution¹⁷⁴. Dans ce cadre, toute critique du réductionnisme, pour être efficiente, doit éviter l'écueil de la spéculation. Elle doit être capable de poser des problèmes authentiques. Plus précisément, comme le couple authentique/spéculatif n'a de sens qu'en termes de degrés, toute critique du réductionnisme doit formuler des problèmes *plus authentiques* que ceux émergeant de la pratique qu'elle met en cause. Précisons un peu cette idée.

L'authenticité d'un problème, rappelons-le, est définie en fonction de son aptitude à donner lieu à une enquête permettant de surmonter un obstacle, d'offrir une réponse à une question (technique ou théorique) rencontrée au cours d'une ou plusieurs pratiques. Par exemple, la découverte des neuroleptiques et leur impact révolutionnaire sur la pratique clinique de la psychiatrie a permis de poser un grand nombre de problèmes authentiques portant sur les mécanismes de leur action. Leur résolution avait en effet le potentiel de contribuer à trouver des traitements efficaces contre les troubles mentaux, de comprendre leur genèse et plus largement, d'acquérir des savoirs fondamentaux sur les bases neurobiologiques de la cognition. De la même manière, étant donné les connaissances disponibles à un moment *t* concernant, d'une part, le fonctionnement du cerveau et d'autre part, les mécanismes psychologiques de la mémoire sociale, la recherche des bases chimiques sous-tendant ces mécanismes (Bickle, 2003) définissait un problème *relativement* authentique. Le mot *relatif* est ici central. Il souligne qu'une critique de la démarche de Bickle doit être capable soit de mettre en évidence des obstacles réels rendant trop difficile son application à la psychiatrie, soit d'identifier d'autres problèmes plus authentiques à traiter ; c'est-à-dire dont la résolution aurait une influence plus grande sur les pratiques endogènes (techniques ou théoriques) ou exogènes au champ scientifique. Kendler, en montrant que l'expression des gènes, dans le cas humain, était sous l'étroit contrôle de l'environnement, tombe dans la première catégorie. Une autre critique efficiente du réductionnisme *à la* Bickle pourrait montrer que la recherche de mécanismes neurochimiques ne permet pas de résoudre le problème exogène que constituent les pathologies mentales. Une critique du réductionnisme, pour s'imposer, ne doit donc pas simplement être intellectuellement convaincante, mais proposer un programme de recherche *fécond* – apte à résoudre les problèmes existants et en poser de nouveaux qui puissent motiver une enquête. En guise d'exemple, il est clair que le

¹⁷⁴Bien entendu, le poids alloué aux problèmes exogènes dans la balance authentique/spéculatif dépend de conditions institutionnelles historiquement et contextuellement situées. Nous verrons, dans la partie 4, comment il est possible de penser l'optimisation de ces conditions institutionnelles.

RDoC présente toutes les caractéristiques d'un programme fécond. Il pose un problème authentique dans la situation (englobant les pratiques scientifiques et les besoins sociaux) actuelle : comment les pathologies mentales modifient-elles les circuits neuronaux ? Peut-on bâtir une médecine de précision basée sur la connaissance fine, au cas par cas, de ces modifications ? Il propose en outre des moyens adaptés (dans le contexte actuel), passant par l'identification de mécanismes à différents niveaux.

À l'inverse, il nous semble qu'une critique de cette démarche intégrative sur la base d'arguments métaphysiques (comme pourrait le faire Longino, par exemple), est typiquement *spéculative* : elle ne permet pas de poser des problèmes authentiques. De même, la crainte d'un *éliminativisme* est également sujette à cette tendance spéculative. Supposons qu'une forme de réductionnisme intégral conduite (de manière fort improbable) à identifier des lois ou des mécanismes permettant d'expliquer tous les phénomènes initialement étudiés aux échelles les plus hautes (psychologiques, sociologiques, etc.). Supposons même que ces explications réductives soient, pour nous, intellectuellement satisfaisantes, c'est-à-dire qu'elles rendent inutiles toute référence aux spécialités autres que la neurobiologie¹⁷⁵. La lutte contre l'« élimination » de la psychologie et son remplacement par la neurobiologie n'aurait alors pas plus de sens qu'une revendication pour réintroduire l'éther au sein des entités de la physique théorique. Si, à l'inverse, pour une variété de raisons aisément envisageables, une telle réduction échoue, les disciplines de haut niveau tendront spontanément à se maintenir, comme support de problèmes authentiques et de moyens pour les résoudre.

Ce terme de spontané appelle ici à une précision d'importance. Notre argument ne signifie absolument pas que la politique (à travers les modalités de l'attribution des ressources) ne doive pas ou ne puisse pas influencer cette logique interne de l'enquête. La notion de spontanéité, ici, prend son sens dans l'hypothèse de conditions institutionnelles permettant le déploiement de la logique interne de l'enquête. Plus précisément, ces conditions institutionnelles doivent rendre possible la formulation et l'expression des problèmes authentiques surgissant au cours de la recherche et à l'extérieur du champ scientifique. Le fait que les disciplines de haut niveau tendent *spontanément* à se maintenir ne signifie donc pas que, dans un contexte donné, cette tendance s'impose. Encore faut-il que le mode de gouvernance de la science permette, concrètement, d'identifier et de comparer des problèmes

¹⁷⁵Cette situation, évidemment hautement improbable, est également évoquée par Ruphy (2005) (p. 110) pour critiquer l'argument en faveur de l'indépendance des niveaux d'explication formulé par Kitcher (1984).

authentiques. Nous reviendrons sur ce point dans la partie 4.

Finalement, nos analyses suggèrent que, du moins dans l'hypothèse où les conditions institutionnelles du financement de la recherche sont en adéquation avec la logique interne de l'enquête, il n'y pas de raisons de craindre le réductionnisme en psychiatrie. Ce dernier tend à s'imposer à la mesure de sa fécondité ; c'est-à-dire de sa capacité à poser et à résoudre des problèmes authentiques. Réciproquement, ses limites ne peuvent être mises en évidence en dehors des pratiques existantes : c'est en soulignant ses difficultés à répondre à des problèmes concrets, ou en identifiant d'autres démarches plus fécondes, que l'on peut remettre en cause la supposée hégémonie du réductionnisme. Ce dernier émerge comme pratique, il doit donc être disqualifié en tant que pratique. C'est pourquoi de nombreux arguments anti-réductionnistes et notamment ceux consistant à mobiliser des considérations ontologiques, restent spéculatifs et incapable d'influer concrètement sur les pratiques scientifiques. Afin de préciser et de compléter cette critique, nous nous proposons de développer un second exemple de manifestation d'anti-réductionnisme spéculatif, portant sur les controverses autour de deux théories du cancer – TOFT et SMT.

IX.6 Le cas des controverses autour des théories du cancer

IX.6.1 De la *Somatic Mutation Theory* (SMT) à la *Tissue Organization Field Theory* (TOFT)

La théorie explicative du cancer aujourd'hui dominante, parfois nommée la *Somatic Mutation Theory* (SMT), est présentée par l'INSERM (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale)¹⁷⁶ de la manière suivante :

Le cancer est une maladie du génome : il a toujours pour origine une mutation génétique héritée ou induite par l'environnement. L'ADN de la cellule est son capital génétique, logé dans le noyau et les mitochondries. Dans un premier temps, il subit une mutation par exposition répétée à un agent carcinogène de l'environnement (virus, irradiation) ou du mode de vie (tabac, alcool, alimentation, exposition au soleil . . .). Ce peut être aussi le cas lorsqu'une personne présente une mutation d'un ou plusieurs gènes la prédisposant à un cancer donné. La mutation initiale touche souvent deux familles de gènes : les oncogènes (qui commandent la prolifération de la cellule) et les anti-oncogènes (qui la freinent).

Les cellules mutées dans des gènes clé contrôlant la prolifération cellulaire entrent dans une phase

¹⁷⁶<http://www.inserm.fr/thematiques/cancer/dossiers/cancers-les-mecanismes> (consulté le 2 septembre 2018).

proliférative incontrôlée qui mène, par l'accumulation d'autres mutations, à la formation d'une tumeur. La formulation de SMT a rendu possible la genèse de voies thérapeutiques prometteuses :

Les avancées exceptionnelles en biologie moléculaire et en recherche génétique ont incroyablement accéléré le développement de thérapies. Le paradigme actuel est le développement de « médicaments personnalisés et ciblés » qui s'attaquent aux défauts moléculaires spécifiques d'un cancer donné (Strebhart, 2008, p. 473).

Cette approche a connu plusieurs succès cliniques, résumés ces dernières années dans des revues de littérature consacrées au sujet (Vaux, 2011). Malgré ces succès, SMT suscite des critiques. Dans le camp même de ses défenseurs les plus convaincus, on admet que l'énorme complexité génétique des cancers mise en évidence par le séquençage à haut débit, ainsi que la grande hétérogénéité phénotypique des tumeurs, pose des problèmes pour le développement de thérapies ciblées efficaces (Capp, 2012). Notamment, comme la chimiothérapie classique, les thérapies ciblées sont confrontées à l'apparition de résistances :

Les tumeurs humaines forment un groupe de maladies très diverses, même à l'intérieur des classifications histologiques ; elles manifestent rapidement leur diversité lorsqu'elles sont exposées à toutes les formes de chimiothérapie (Chabner et Roberts, 2005, p. 71).

Des théories génétiques modifiées ont alors vu le jour, permettant d'expliquer ces nouvelles données empiriques qui mettent en difficulté SMT. Notamment, certains auteurs supposent que la tumorigenèse passe non par la perte de fonctionnalité d'un gène, mais par des modifications du génome à l'échelle des chromosomes :

Une très grande fraction des cancers a un contenu génétique anormal, qualifié d'anapleuïde, qui est caractérisé par des changements dans la structure et le nombre des chromosomes. Une explication pour cette anapleuïdie est l'instabilité chromosomique, selon laquelle les cellules cancéreuses perdent ou gagnent des chromosomes, ou de larges fractions de chromosomes (Rajagopalan *et al.*, 2003).

Pour certains auteurs, ces nouvelles hypothèses sont des modifications *ad hoc* de SMT dont l'utilisation rend criantes les insuffisances de la théorie génétique. C'est le cas, notamment, des biologistes Ana Soto et Carlos Sonnenschein. Ces derniers formulèrent, en 1999, une théorie alternative de la carcinogénèse, TOFT (*Tissue Organization Field Theory*) (Sonnenschein et Soto, 1999), qui remet en cause l'approche génétique au profit d'une théorie explicative de la carcinogénèse centrée sur l'organisation tissulaire. Confrontés au manque de réactions de la communauté scientifique, les

deux auteurs se sont lancés, depuis dix ans, dans une critique acerbe de la domination sans partage de ce qu'ils considèrent comme une théorie « réductionniste » du cancer. Leur stratégie consiste à soutenir que TOFT et SMT sont « incompatibles », la première étant « organiciste » et la seconde « réductionniste » (Soto et Sonnenschein, 2006). Présentons tout d'abord les arguments *biologiques* sur lesquels s'appuient les avocats de TOFT.

TOFT repose sur l'idée selon laquelle « la carcinogenèse n'est pas le résultat de perturbations de petites échelles, mais de perturbations d'entités d'ordre plus important (...) comme les tissus ou les organes » (Marcum, 2010, p. 127). Selon le modèle de Soto et Sonnenschein, construit explicitement en opposition à SMT, la désorganisation des tissus et non la mutation des gènes est la cause du cancer. La perte de contrôle de la prolifération cellulaire, d'une part et les mutations génétiques d'autre part, ne sont alors que le résultat de ces perturbations (Soto et Sonnenschein, 2011). La carcinogenèse débute ainsi avec une désorganisation du stroma (environnement immédiat sur lequel sont ancrées les cellules, fait de fibres de différentes natures). Les cellules, qui ne sont plus maintenues en un tissu cohérent, entrent dans une phase proliférative. Les nombreuses divisions cellulaires font éventuellement apparaître des mutations, qui aggravent le processus. Sur cette base, ils contrastent ainsi TOFT et SMT :

Selon SMT, i) le cancer dérive d'une unique cellule somatique qui a accumulé des mutations chromosomiques multiples; ii) l'état par défaut de la cellule est la quiescence; iii) le cancer est une maladie de la prolifération causée par des mutations dans des gènes contrôlant le cycle cellulaire. Selon TOFT, i) la carcinogenèse représente un problème d'organisation tissulaire (...) et ii) la prolifération est l'état par défaut de la cellule (Soto et Sonnenschein, 2005).

La parution, en 1999, de leur ouvrage *The Society of Cells : Cancer and Control of Cell Proliferation* est considérée habituellement comme le coup d'envoi du développement de la TOFT comme théorie alternative à SMT. Soto et Sonnenschein (S&S) en restent, aujourd'hui, les principaux avocats chez les biologistes (Marcum, 2010 ; Sonnenschein et Soto, 2000 ; Soto et Sonnenschein, 2004, 2005, 2006 ; Soto *et al.*, 2008 ; Soto et Sonnenschein, 2011 ; Satgé, 2011 ; Baker, 2011, 2012, 2013 ; Sonnenschein et Soto, 2014 ; Bizzarri et Cucina, 2016). Dans ces travaux, les partisans de TOFT s'appuient notamment sur des études expérimentales plus ou moins récentes, montrant toutes l'importance du micro-environnement tumoral et de l'architecture tissulaire dans le déclenchement et la progression des cancers. Une première série d'études, regroupant les articles de Smithers et Cantab (1962) ; Orr et Spencer (1972) ; Barclay *et al.* (2005) ; McDaniel *et al.* (2006), tendent à montrer

que la structure du stroma est un facteur déterminant pour l'apparition de tumeurs. Notamment, l'expérience de Barclay a consisté à recombinaison des cellules provenant du stroma de tissus prostatiques cancéreux avec des cellules épithéliales non-tumorales de la prostate. Après avoir greffé ce système biologique sur la souris, il observa l'apparition de proto-tumeurs. Il en conclut qu'un stroma cancéreux désorganisé promeut le développement de cancers :

Ces données supportent (...) l'idée que le micro-environnement tumoral et, plus spécifiquement, les interactions épithélio-mésenchymateuses sont extrêmement importantes pour la tumorigenèse (Barclay *et al.*, 2005, p. 13).

L'étude par McDaniel *et al.* (2006) montre, en utilisant la même démarche de recombinaison tissulaire, qu'un stroma provenant d'un tissu cancéreux stimule la formation de métastases sur les tumeurs qu'on y greffe. Ainsi, la formation de métastases peut s'expliquer par la désorganisation du stroma, ce qui conduit Sonnenschein et Soto à affirmer qu'« une explication de la carcinogénèse et des métastases au niveau génétique est incomplète, voire totalement fausse » (Soto et Sonnenschein, 2006, p. 103).

Une deuxième démarche expérimentale mobilisée par les avocats de TOFT consiste à observer les effets des carcinogènes. Dans leur étude, Barcellos-Hoff et Ravani (2000) ont irradié la stroma de glandes mammaires afin d'affecter la composition de la matrice extra-cellulaire, la production de cytokines et les interactions cellules-cellules. Ce support modifié s'est révélé être plus à même de générer des tumeurs dans les épithélia déposés sur ces stroma modifiés que les stromas non-irradiés. De même, les études de Maffini *et al.* (2004) ont consisté à mettre en contact un tissu mammaire avec un carcinogène connu. Les auteurs ont ainsi pu montrer que ce dernier agissait en désorganisant le stroma, ce qui facilitait l'apparition de tumeurs. Pour Soto et Sonnenschein, ces données plaident pour une origine *tissulaire* et non génétique des cancers. Ce qui est en cause ici, c'est clairement l'idée selon laquelle *le cancer est initialement causé par des mutations génétiques*. Il existe en effet une série d'observations remettant en cause ce déterminisme génétique des cancers (Rosenfeld, 2013). La question que nous posons alors est la suivante : les avocats de TOFT sont-ils justifiés à projeter le débat sur le plan métaphysique, en mobilisant la notion d'« organicisme » ? Autrement dit, cette stratégie est-elle susceptible d'être utile à la pratique scientifique (de contribuer à formuler des problèmes authentiques) ?

IX.6.2 TOFT comme théorie explicative non réductible ?

Les avocats de TOFT plaident activement pour la reconnaissance d'une incompatibilité profonde entre TOFT et SMT. Selon eux, « un compromis entre SMT et TOFT n'est pas logiquement consistant et peut freiner le développement scientifique » (Baker, 2012, p. 143 *nous soulignons*). Dans le même ordre d'idée, Soto et Sonnenschein suggèrent « de suspendre toute tentative d'unification des deux principales théories de la carcinogenèse (TOFT et SMT), parce qu'elles sont incompatibles » (Soto et Sonnenschein, 2013, p. 154). Leur argument central consiste à affirmer que « TOFT et SMT appartiennent à différents niveaux de complexité biologique et donc sont incompatibles, tout comme leur base philosophique (Réductionnisme *vs.* Holisme) » (Sonnenschein et Soto, 2008, p. 372). Ils définissent dès lors le « réductionnisme » comme une doctrine affirmant que « la cellule est l'unité de l'organisme et donc, que les observations réunies au niveau du tissu devraient nécessairement trouver une explication au niveau cellulaire » (Soto et Sonnenschein, 2006, p. 361). Or, nous disent Soto et Sonnenschein, « les interactions entre les différents composants d'un tissu ne peuvent pas être réduites à des événements cellulaires (...). Des forces mécaniques exercent une causalité descendante – du niveau du tissu au niveau cellulaire » (*Id.*). En outre, selon eux, le réductionnisme constitue « depuis les derniers 50 ans la thèse dominante en biologie expérimentale » (*Id.*). Ils décrivent alors TOFT comme une théorie « organiciste », ou « émergentiste », en insistant sur l'existence d'une « causalité descendante » des tissus aux cellules. La reconnaissance de cette causalité descendante fait selon eux de TOFT et de SMT des théories incompatibles. En conséquence, on ne *doit pas* chercher à réduire l'une à l'autre. Plus précisément, les partisans de TOFT s'élèvent contre une démarche qui chercherait intégrer les deux approches en détaillant les mécanismes de cette « causalité descendante », en faisant référence à des entités de niveaux inférieurs à celui des tissus ou des organes.

Une étape clé de leur argument consiste à critiquer les principes qu'ils jugent être au fondement du « physicalisme », notamment le principe de complétude causale du monde physique (*Completeness of the Physical World*, ou *CPW*), fondant le principe de clôture causale (Soto *et al.*, 2008). Selon eux le *CPW*, notamment dans la formulation qu'en donne Kim (1998), n'est pas pertinent pour décrire le monde dans son ensemble. L'erreur serait d'étendre une « thèse de détermination physique (les faits physiques fixent tous les faits) » au niveau d'une « affirmation métaphysique », alors qu'elle devrait simplement être « une proposition scientifique concernant un ensemble d'évènements qu'un scientifique isole » (p. 262). En d'autres termes, « Kim saute depuis le niveau d'un système fini au niveau du monde dans son ensemble ». Il y aurait donc un passage indu d'un problème épistémologique à un problème métaphysique :

Un physicien a des yeux humains, qui symbolisent notre limitation épistémique et le statut de nos théories scientifiques comme *instruments*. En ce qui concerne le monde dans son ensemble, un physicien (en tant que physicien) ne peut rien dire. En conséquence, afin de devenir physicaliste – afin de réduire le monde réel lui-même à un ensemble d'évènements physiques – le physicien a besoin d'une perspective divine (*God's-Eye View*) (...). Il est tout à fait possible d'utiliser la « thèse de détermination physique » sans introduire un démon de Laplace (...). En conséquence, nous rejetons le CPW. *Personne n'est capable de donner une description complète du monde* (Soto et al., 2008, p. 262, nous soulignons).

Au vu de notre critique précédente de l'anti-réductionnisme d'inspiration métaphysique, nous ne pouvons que tomber d'accord avec les auteurs. Il est, en toute rigueur, non logiquement justifié d'affirmer la pertinence ou la possibilité *a priori* d'un projet réductionniste sur la base de considérations métaphysiques du type « le monde a la caractéristique A ». Cet argument est l'exact symétrique de celui que nous avons défendu précédemment, soulignant qu'il est illogique de déduire des difficultés locales du réductionnisme des conclusions globales sur l'existence de niveaux d'organisations ontologiquement distincts (causalement indépendants), sanctionnant son impossibilité générale (Ruphy, 2005). Comme nous l'avons souligné, la vraie question n'est donc pas de savoir s'il existe ou non une causalité descendante irréductible *en général* mais si le fait de l'invoquer dans le cadre d'une explication mécaniste du cancer est épistémiquement fécond. Deux types de réponses peuvent être apportées à cette question.

La première se fonde sur la pratique scientifique elle-même et examine les conditions de production des traitements et des connaissances théoriques sur le cancer. Dans cette perspective, force est de constater que de nombreux biologistes acceptant l'idée d'un certain déterminisme génétique des cancers prennent de plus en plus en compte le rôle du micro-environnement tumoral et des tissus dans la genèse et la progressions des tumeurs (Jacks et Weinberg, 2002 ; Hanahan et Weinberg, 2011 ; Rosenfeld, 2013). La nécessité de reconnaître d'autres mécanismes causaux que les simples mutations génétiques semble s'imposer aux yeux de la majorité des biologistes travaillant sur l'étiologie des cancers. En particulier, l'importance de l'intégration des cellules dans un environnement tissulaire régulant leur prolifération est largement reconnu (Malaterre, 2007). Le point important est que le rôle des interactions cellules-cellules ou cellules-tissu est étudié depuis longtemps sous un angle réductionniste, c'est-à-dire qui cherche à expliquer les phénomènes observés à l'aide de mécanismes à l'échelle moléculaire. Plus important encore, les avocats de TOFT font également référence à des mécanismes impliquant des parties ou des entités situées à cette échelle afin de rendre compte

de l'effet des structures de haut niveau (tissu, organe) sur les cellules : l'action des carcinogènes est ainsi décrite comme désorganisant l'architecture moléculaire de la matrice extra-cellulaire, affectant ainsi le contrôle que celle-ci exerce sur la prolifération (Soto et Sonnenschein, 2011). Dans ce cadre, les notions de causalité descendante et d'émergence deviennent floues : si le pouvoir causal à l'échelle des tissus ou des organes peut être expliqué (au sens mécaniste du terme) en faisant appel à des entités de bas niveau, à quoi sert le concept de causalité descendante ? Cette question prend tout son sens à la lecture de l'article de Soto et Sonnenschein spécifiquement consacré au problème de la causalité descendante (Soto *et al.*, 2008). Les auteurs y affirment que « le monde physique n'est pas clos » et que la causalité descendante existe. Ils proposent alors de considérer dans une perspective organiciste quelques exemples d'« imbroglios biologiques », comme le fait que « des gènes codent pour des protéines à travers des processus requérant l'intervention d'autres protéines ; la membrane basale, produite par les cellules épithéliales, génère en retour l'architecture tissulaire, etc. » (p. 267). Ils affirment que « ces formes de causalité réciproque (...) peuvent être résolues en utilisant le concept de causalité descendante » (*Id.*). Ils développent alors quelques exemples « d'interactions tissulaires » : la structuration de l'épithélium par les protéines de la membrane basale (p. 269), la normalisation des cellules tumorales par transplantation dans un organe hôte (p. 270), l'expression génétique conduite par les forces mécaniques exercées par le tissu sur les cellules durant l'embryogenèse (p. 272). La leçon générale qu'ils tirent de ces cas est la suivante : les hauts niveaux d'organisation (le tissu dans son ensemble) peuvent agir directement sur les bas niveaux (les cellules). Pour eux, ces observations « suggèrent une causalité descendante » (p. 269) et ils en concluent que les niveaux d'organisation les plus élevés ont des propriétés causales « émergentes » irréductibles. Du fait de cette irréductibilité, les explications élaborées depuis un point de vue « organiciste » sont métaphysiquement incompatibles avec les explications élaborées dans un cadre « réductionniste ». Et, en particulier, les explications fournies par TOFT sont irréconciliables avec celles proposées par SMT : nous devons choisir l'un des deux cadres et éliminer l'autre (Sonnenschein et Soto, 2014). En conséquence, les scientifiques *ne doivent pas* tenter de donner une explication (mécaniste) réductionniste (au niveau moléculaire ou cellulaire) des propriétés causales des tissus (Baker, 2013). La thèse selon laquelle TOFT et SMT sont incompatibles est donc fondée sur une injonction métaphysique reposant sur l'affirmation *a priori*, avant toute tentative effective de réduction, de l'existence de la causalité descendante. Cette injonction est d'autant plus curieuse que la manière dont eux-mêmes rendent compte des propriétés causales des tissus sur les cellules n'est pas si éloignées d'une explication mécaniste (au sens de Glennan, 2002) réductionniste, prenant

en compte des entités ou parties à l'échelle moléculaire. En cela, la mise en évidence expérimentale d'un effet des niveaux d'organisation les plus élevés ne semble pas, *dans la pratique scientifique*, incompatible en soi avec une démarche explicative réductionniste.

Un deuxième type d'argument, faisant appel à des considérations plus générales sur les liens entre épistémologie et métaphysique, vient conforter cette analyse. Comme souligné par Ruphy (2005) et comme Soto et Sonnenschein eux-mêmes le notent à propos des arguments de Kim, aucun argument métaphysique (c'est-à-dire une proposition générale portant sur le monde naturel en dehors de toute preuve empirique) ne peut remplacer un résultat scientifiquement acquis. En d'autres termes, la question de la réductibilité des explications fournis par les partisans de TOFT, ou, plus généralement, de la compatibilité de TOFT et SMT, ne peut être tranchée au niveau métaphysique, mais constitue un problème d'adéquation empirique et de qualité de l'explication scientifique. Afin de traiter ce problème, la recherche d'une formulation réductionniste de TOFT (c'est-à-dire une explication réductionniste de mécanismes mis en évidence par TOFT) est un défi épistémique qui ne doit pas être freiné par des affirmations d'incompatibilité. Cette idée a été formulée, dans le cas précis du débat TOFT/SMT, par Malaterre (2007), qui essaye de clarifier « la manière dont "l'organicisme" et le "réductionnisme" sont utilisés et opposés dans ce contexte » (p. 57). Une étape importante de son raisonnement consiste à noter que le problème de la réductibilité de TOFT doit être « pensé en terme de réduction des explications » (p. 63). Pour être authentiquement organiste, les avocats de TOFT doivent proposer une explication « qui soit non seulement bonne, mais également non réductible, c'est-à-dire qui ne puisse pas être reformulée en faisant appel à des explications en biologie moléculaire, en chimie ou en physique » (p. 65). Des auteurs comme Soto et Sonnenschein répondraient certainement que les cas de « causalité descendante » qu'ils mettent en évidence fournissent des exemples de telles explications non réductibles. Mais cet argument est basé sur une erreur logique : il interprète les données empiriques en faisant référence à la causalité descendante, sur la base d'une présupposition métaphysique et en déduit l'impossibilité épistémique de réduire l'explication (mécaniste) au niveau moléculaire. Paradoxalement, c'est le même type de saut métaphysique que les auteurs critiquent dans les principes de Kim. Celui-ci postule l'inexistence de la causalité descendante authentique et les premiers affirment l'absolue irréductibilité des propriétés causales observées aux niveaux d'organisation les plus élevés (tissus et organisme). Or, il n'y a aucun argument empirique ou logique permettant de soutenir cette proposition. Au contraire, comme le suggère Malaterre (2007), un grand nombre d'exemples donnés comme paradigmatique

d'une causalité descendante peuvent être, au moins théoriquement, expliqués dans le cadre d'une « causalité ascendante » (p. 68). Sa conclusion est donc qu'un « exemple réel de causalité descendante problématique (...) doit encore être mis en évidence dans le cas de la carcinogenèse » (p. 68).

Il nous semble qu'une lecture du débat dans un cadre pragmatiste permet de réunir ces deux types d'argument dans une critique cohérente de l'*anti-réductionnisme spéculatif* des partisans de TOFT. Dans ce cadre en effet, la question pertinente est la suivante : le fait de savoir si l'effet des carcinogènes sur les tissus, puis des tissus sur les cellules, est un phénomène émergent constitue-t-il un problème authentique ? Deux pistes peuvent être suivies pour répondre à cette interrogation. Soit l'on considère que ce problème n'est pas soluble et que la question de l'émergence relève d'un positionnement métaphysique qui n'engage que celui qui y adhère. Dans ce cas, TOFT et SMT constituent deux heuristiques indépendantes et la controverse sur l'irréductibilité ne présente pas d'intérêt (puisque'elle tente de résoudre un problème insoluble). Soit on juge ce problème soluble : c'est la voie dans laquelle semblent s'engager les avocats de TOFT, Soto et Sonnenschein en particulier, en mobilisant des arguments empiriques à l'appui de leur thèse. Mais ils se heurtent alors à un problème logique. S'il est possible de donner des arguments empiriques permettant d'affirmer que TOFT décrit des mécanismes véritablement émergents, alors ces arguments doivent être mis à l'épreuve des tentatives de réduction. Si les phénomènes expliqués à l'échelle tissulaire peuvent être expliqués de manière convaincante à l'échelle moléculaire, preuve est faite que TOFT n'est pas organiciste (qu'elle ne se fonde pas sur des cas de causalité authentiquement descendante). En revanche, une difficulté passagère à rendre compte des observations mobilisées pour défendre TOFT dans un cadre cellulaire ou moléculaire *ne peut prouver* l'impossibilité générale de la réduction. Ainsi, *si* l'objectif est de trouver une explication réductionniste des mécanismes décrits par TOFT, il est certain que seule la mise en œuvre d'un programme ouvertement réductionniste peut prouver la possibilité d'obtenir une telle explication. Mais comment doit-on décider si ces tentatives de réduction plus ou moins praticables valent la peine d'être menées ? Pourquoi ne pas se satisfaire d'une explication mécaniste non réductionniste, impliquant des entités de haut niveau (les tissus, l'organisme, etc.) ? Il nous semble que la réponse à cette question ne peut être trouvée que dans la logique interne de l'enquête elle-même. Une des causes (parmi d'autres) largement acceptées des cancers engage un mécanisme décrit au niveau moléculaire, impliquant des mutations dans différents types de gènes. Le cadre explicatif existant est donc, comme le rappellent à maintes reprises les partisans de TOFT, réductionniste. Ces derniers mettent en valeur d'autres mécanismes possibles, impliquant une perte

de cohésion tissulaire. Étant données l'état des pratiques scientifiques, il est bien plus *fécond* de tenter de réduire les chemins causaux identifiés par TOFT à l'échelle moléculaire, afin de trouver des points de jonctions avec les mécanismes impliquant des mutations génétiques, que d'abandonner les connaissances théoriques et pratiques acquises à l'échelle moléculaire pour poser le tissu comme une échelle pertinente pour penser le cancer. En effet, les phénomènes recensés par les avocats de TOFT (le rôle de l'architecture tissulaire) peuvent aisément *être problématisés* en faisant référence à des entités de bas niveaux. C'est ce que font d'ailleurs les partisans de TOFT lorsqu'ils font appel à des expériences mettent en évidence les modifications moléculaires de la matrice extra-cellulaire sous l'effet de carcinogènes. C'est également ce type de démarche que mettent en œuvre les scientifiques travaillant sur le rôle du micro-environnement cellulaire sur la progression des tumeurs (Hanahan et Weinberg, 2011). À l'inverse, les mécanismes génétiques mis en évidence et ayant permis de développer des thérapies (Vaux, 2011) ne gagneraient rien à être expliqués à l'échelle tissulaire : cela reviendrait à perdre de l'information. Ainsi, la coexistence de différents mécanismes causaux, ancrés dans différents niveaux d'organisation (Rosenfeld, 2013), rend plus fécondes les démarches de réduction que l'abandon des explications impliquant des entités de bas niveau. Rappelons que la fécondité est ici caractérisée comme la capacité à poser et à résoudre des problèmes authentiques. Bien entendu, l'authenticité du problème de la réduction de TOFT à SMT est également dépendante de l'intérêt que l'on porte à la formulation d'une explication cohérente et unifiée des phénomènes de carcinogenèse. On peut supposer que cette formulation est utile pour la connaissance fondamentale en biologie d'une part et pour la mise au point de traitement anti-cancéreux d'autre part. Mais l'on pourrait également considérer, bien sûr, que le maintien d'une explication mécaniste à l'échelle des tissus est suffisante pour développer de nouvelles techniques de soin (qui exploiteraient, par exemple, l'idée d'une recombinaison des tissus pour lutter contre la perte de contrôle sur la prolifération). Le point important est que dans ces deux cas, les arguments métaphysiques posant l'existence d'une causalité descendante irréductible sont soit contre-productifs, soit inutiles : il est tout à fait envisageable de justifier la pertinence d'un programme de recherche visant à jouer sur les tissus plutôt que sur les cellules sans développer d'arguments ontologiques.

Plus généralement, dans ces deux situations possibles (soit la question de l'émergence est susceptible d'être résolue, soit elle ne l'est pas), il apparaît que la thèse de l'incompatibilité est non seulement injustifiable sur le plan logique et empirique, mais, surtout (c'est notre argument principal), inutile sur le plan pratique. Au-delà de notre perspective pragmatiste sur l'enquête, la meilleure

preuve en est sans doute l'*isolement* des scientifiques la défendant. Plus précisément : si les observations relayées par les avocats de TOFT (principalement, rappelons-le, Soto et Sonnenschein) sont prises au sérieux par le champ scientifique (qui considère de plus en plus le rôle de l'architecture des tissus dans le contrôle de la prolifération), très peu voient un intérêt scientifique dans le débat autour de l'incompatibilité entre TOFT et SMT. Leur compatibilité (c'est-à-dire, la réduction de TOFT à des mécanismes cellulaires et moléculaires) constitue une hypothèse de travail sur laquelle les chercheurs s'appuient spontanément pour la simple et bonne raison qu'elle fonctionne. Si l'irréductibilité est pensée et théorisée, la réduction est, elle, expérimentée.

Comme pour le cas de la psychiatrie, un autre argument pourrait être formulé par les anti-réductionnistes : la lutte pour la reconnaissance d'une autonomie des niveaux d'explication rendrait nécessaire l'adoption d'hypothèses métaphysiques pour contrecarrer celles fondant implicitement les démarches de réduction. La domination de ces dernières ne serait en rien naturelle et spontanée, mais le fruit soit d'une volonté idéologique d'imposer une certaine vision du vivant pour guider la recherche, soit d'un aveuglement des scientifiques vis-à-vis des présupposés fondant leur travail. Il nous semble que cette lecture de la situation sur-intellectualise le problème de la réduction, en pointant du doigt les hypothèses ontologiques qui la sous-tend, tout en minimisant l'importance de ses succès pratiques. Contrairement à Waters, nous sommes tout à fait prêts à admettre que le réductionnisme porte en lui, au moins dans certains cas, une représentation générale, de nature théorique, des objets de la science. Cependant, contre l'anti-réductionnisme spéculatif, nous considérons que *la théorisation est aussi une pratique* et que cette pratique obéit à la logique interne de l'enquête sélectionnant les problèmes authentiques à résoudre. Il est tout à fait possible que ce qui est critiqué comme une domination des démarches réductionnistes soit le fruit d'un biais idéologique, écartant la science des directions susceptibles d'optimiser sa productivité épistémique. Mais dans ce cas, le manque de fécondité de ces démarches doit pouvoir être mis en évidence sans s'éloigner trop des pratiques scientifiques elles-mêmes. Les limites du réductionnisme ne peuvent émerger que sous la forme d'obstacles difficiles à lever, de problèmes (endogènes ou exogènes) délicats à résoudre, ou d'incapacité à dynamiser la recherche. Dans ce cadre, les travaux mettant en évidence des mécanismes causaux engageant l'architecture des tissus sont tout à fait pertinents pour marquer les limites d'un *réductionnisme génétique* (comme cadre théorique plaçant la source des cancers dans des mutations génétiques), mais pas du *réductionnisme métaphysique*. Encore une fois, ce constat n'implique en rien une forme d'inauthenticité essentielle des problèmes posés par la métaphysique. Il s'agit simplement d'une analyse contextuelle de ses dérives spéculatives, au sens pragmatiste du

terme. Il ne s'agit pas de considérer son éloignement vis-à-vis de la réalité, ou de la vérité, ou des conditions de possibilité de la connaissance, mais de l'état des pratiques scientifiques elles-mêmes.

Reprenons maintenant les deux cas d'études proposées, afin d'esquisser une conclusion plus générale sur le problème qui nous occupe dans ce chapitre : comment peut-on gérer la pluralité des approches, représentations, perspectives dans le cas particulier des objets dits complexes ?

IX.7 Du pluralisme pragmatique au pluralisme pragmatiste : quelle gestion pratique du pluralisme ?

IX.7.1 Bilan de nos études de cas

Les études de cas proposés précédemment avaient pour objectif de confronter certains arguments anti-réductionnistes à la réalité des pratiques scientifiques. La conclusion générale que nous en avons tirée peut se résumer en trois points. Premièrement, le réductionnisme est une pratique, technique et théorique, répondant à la logique interne de l'enquête. Sa pertinence doit donc être jugée à l'aune de sa capacité à résoudre des problèmes authentiques (endogènes ou exogènes) et à en poser de nouveaux. Deuxièmement, un anti-réductionnisme qui s'éloignerait trop des pratiques en usage (par exemple, en mobilisant des arguments d'ordre métaphysique) peut être qualifié de spéculatif. Impuissant à accroître la fécondité de l'enquête (sa capacité à résoudre et poser des problèmes authentiques), il est condamné à avoir peu d'influence en dehors de lui-même. Enfin, troisièmement, dans un contexte institutionnel permettant l'expression et le partage des indéterminations rencontrées au cours des différentes pratiques (endogènes et exogènes), il n'y a rien à craindre des démarches réductionnistes. Réciproquement, si ces conditions ne sont pas réunies (par exemple, s'il existe un biais injustifié en faveur du réductionnisme), seul le fait de soulever des problèmes authentiques posés par ces démarches est susceptible de réorienter l'enquête dans le sens d'un accroissement de sa fécondité. En particulier, il est contre-productif d'invoquer des raisons métaphysiques pour combattre ce que l'on considère être une domination illégitime des démarches réductionnistes.

Nous avons pu alors mettre en évidence plusieurs cas d'anti-réductionnisme spéculatif, notamment sous la figure de l'émergentisme. Risquons-nous ici à formuler une hypothèse portant sur l'origine intellectuelle de certaines occurrences fréquentes de cet anti-réductionnisme. Il nous semble que l'une des sources majeures de confusion vient d'une ambiguïté fondamentale contenue dans le concept de réductionnisme lui-même. Celui-ci peut désigner, en premier lieu, un ensemble de pra-

tiques expérimentales, de théories, de modèles ou de représentations véhiculant implicitement ou explicitement une forme de matérialisme ontologique (sens 1). Sera alors étiqueté réductionniste un scientifique pratiquant son activité *comme si* le monde était conforme aux principes de Kim (clôture et complétude causale du monde physique). Mais le réductionnisme peut également s'entendre comme la réduction d'un phénomène complexe à un petit nombre de causes (sens 2). Ainsi, le réductionnisme génétique tend à considérer que le cancer est *uniquement* dû à des mutations génétiques. Il nous semble que l'anti-réductionnisme devient spéculatif lorsqu'il mêle ces deux acceptions du concept de réduction. L'argument que nous avons développé, dans les deux études de cas proposées, pour mettre en évidence ce caractère spéculatif consistait en effet à montrer que réduction n'implique pas, en pratique, l'exclusion de certains chemins causaux. L'affirmation suivant laquelle les troubles mentaux, sont, ontologiquement, le fait de défauts dans les circuits neuronaux va pleinement de pair avec la reconnaissance du rôle joué par les facteurs environnementaux dans la genèse des troubles mentaux. De même, concevoir le cancer comme dû à une prolifération incontrôlée des cellules ne conduit pas à privilégier les causes génétiques vis-à-vis du rôle joué par l'architecture tissulaire. Réciproquement, comme nous l'avons vu, l'influence de l'environnement est, dans la pratique, souvent pensée dans un cadre réductionniste (considérant son influence sur l'expression génétique, par exemple); et le rôle de l'environnement tissulaire est expliqué par la composition chimique et la structure physique des tissus. Il semble donc que, spontanément, dans les pratiques scientifiques, le réductionnisme au sens 1 n'implique pas le réductionnisme au sens 2.

Allons un peu plus loin dans cette voie. Si l'on adopte une perspective mécaniste sur l'explication, il apparaît que les démarches réductionnistes s'inscrivent dans le cadre de la structure *hiérarchique* des mécanismes (Glennan, 2008). Rappelons qu'une explication mécaniste rend compte des interactions entre des parties, situées éventuellement à différents niveaux d'organisation; or, *ces parties sont elles-mêmes des mécanismes*. Par exemple, on peut expliquer le cancer en considérant d'une part des mutations dans des gènes connus pour contrôler la prolifération cellulaire (oncogènes) et d'autre part, le rôle de l'architecture des tissus. On pourra dire, par exemple, qu'une désorganisation tissulaire induit une perte de régulation de la division cellulaire (niveau des tissus) et que la prolifération intense qui en découle a pour conséquence une augmentation du taux de mutations (niveau moléculaire). C'est le scénario proposé par TOFT. Cette explication est confirmée par des données mettant en évidence l'importance de ces deux chemins causaux. Une fois établi ce mécanisme, une question de recherche/problème surgit spontanément des pratiques scientifiques : comment la désorganisation des tissus induit-elles une perte de la prolifération cellulaire? Il s'agit alors d'explicitier

un mécanisme impliquant des parties ou entités de bas niveaux (cellulaire ou moléculaire). Bien entendu, rien n'oblige à tenter de mener cette réduction : d'autres problèmes peuvent être jugés plus importants à résoudre. Cependant, il semble certain que la recherche d'une explication mécaniste aux observations mises en avant par TOFT constitue sans doute un problème authentique, émergeant d'une pratique et ayant des conséquences potentielles sur un grand nombre d'autres pratiques, endogènes et exogènes. Plus généralement, il nous semble que cette idée d'une organisation hiérarchique des mécanismes permet de comprendre pourquoi les démarches réductionnistes tendent souvent à s'imposer comme les plus fécondes : une fois établi un mécanisme impliquant des parties clairement identifiées, la recherche d'une explication unifiée va dans le sens d'une réduction des parties ancrées dans des hauts niveaux d'organisation. Il ne s'agit ici ni d'une nécessité épistémique, ni d'une nécessité métaphysique : il est tout à fait possible, d'une part, de se satisfaire d'explications impliquant des parties (des mécanismes) non réduits ; d'autre part, rien n'interdit en droit d'imaginer une démarche anti-réductionniste féconde, éliminant les niveaux les plus fondamentaux (molécules, cellules) comme non pertinents dans les explications. Il est difficile, dans l'état actuel des pratiques, de concevoir ce que pourrait être une telle science. Ce qu'il faut retenir, c'est que cette dernière, pour s'imposer, *devra faire la preuve de sa fécondité*. En d'autres termes, elle devra se montrer capable de résoudre et de poser des problèmes comparativement *plus authentiques*. Cette thèse peut se défendre simplement sur la base de nos analyses empiriques : l'anti-réductionnisme spéculatif, qui se manifeste notamment sous la forme d'un certain émergentisme, peine à se faire une place. Les positions de Soto et Sonnenschein, par exemple, restent très marginales. Réciproquement, le réductionnisme au sens 1 est tout à fait capable d'intégrer, dans ses explications, des mécanismes impliquant des niveaux d'organisation plus élevés, et le fait dans la pratique, comme nous l'avons vu à la fois avec la RDoC et avec le pluralisme mécaniste de Kendler.

IX.7.2 Retour sur les pluralismes de Longino et Mitchell

Ces principes une fois posés, revenons aux travaux de Longino et Mitchell proposant une série d'injonctions méthodologiques devant guider la recherche dans le cas des objets complexes.

Nous avons vu dans le chapitre VIII que les perspectives (descriptives et normatives) proposées par Longino et S. Mitchell sur le pluralisme étaient portées par un certain souci d'intervention sur les phénomènes. Pour Longino, la pluralité dans l'étude du comportement trouverait ainsi un mode

d'expression privilégié au sein d'une recherche orientée par la « pratique » (dans le sens de guidée par des implications ayant une utilité en dehors du champ scientifique). Les scientifiques investis dans la résolution de tels problèmes pratiques, excédant le cadre de la science « universitaire » seraient plus enclins à tolérer la coexistence d'approches, de modèles, de représentations, de théories. D'une part, la défense du pluralisme par Longino repose sur la vision d'une science « universitaire » (qu'elle semble définir de manière sociologique) traversée de conflits théoriques et conceptuels visant, pour chaque approche, à l'élimination de ses concurrentes. Il y aurait un refus *intellectuel* du pluralisme, lié à une difficulté essentielle à supporter la coexistence d'approches distinctes. D'autre part, elle affirme que la tolérance à la pluralité que manifestent les sciences guidées par la pratique s'exprimerait dans un refus, ou du moins dans un besoin moindre, de l'unification théorique. Mitchell diverge de ce schéma en ce qu'elle considère la possibilité d'une *intégration* de ces approches, pour satisfaire nos intuitions monistes (il existe une histoire causale sous-tendant un phénomène donné). Cependant, elle critique la réductionnisme comme programme épistémologique, en tant qu'il offre une vision trop simpliste du type de connaissance que l'on peut acquérir sur les objets complexes. Elle glisse alors subrepticement de considérations ontologiques sur l'existence d'une causalité descendante entre les niveaux à des prescriptions méthodologiques devant guider la recherche. Comme Longino, elle suppose alors que la pression des questions utilitaires liées aux objets complexes (les pathologies mentales, le changement climatique) impose une gestion des politiques scientifiques visant à promouvoir la pluralité des niveaux d'explication. Il nous semble que ces positions peuvent être critiquées suivant deux dimensions.

Premièrement, elles jouent sur l'ambiguïté entre réductionnisme au sens 1 et au sens 2. Étant donné que rien n'indique si Longino adhère ou non au monisme matérialiste revendiqué par Mitchell et fondant le réductionnisme au sens 1, la critique est surtout valable pour cette dernière. Comme nous l'avons noté, Mitchell accuse ce qu'elle appelle le « réductionnisme » et qu'elle semble assimiler, de manière caricaturale, à la recherche de lois fondamentales, de simplifier la complexité des objets dont il s'empare. Il ne permettrait pas de bien prendre en compte la diversité des chemins causaux et les effets de rétroaction causale entre les niveaux. Nous avons vu, à travers nos analyses du réductionnisme en pratique dans le cas de la psychiatrie et de la cancérologie, que ce jugement est sans doute abusif. Au-delà même de son caractère trop vague et général (notamment, dans sa définition du réductionnisme), il semble négliger la logique interne guidant l'élaboration d'explications mécanistes. Le réductionnisme ne joue pas, concrètement, un rôle de sélection de chemins causaux

privilegiés, mais d'explication (de mise en évidence des interactions entre les parties constitutives) des mécanismes identifiés à des niveaux d'organisation plus élevés. Contrairement à ce que semble soutenir Mitchell, considérer que l'environnement joue un rôle dans l'étiologie des maladies mentales (en particulier, de la dépression) ne fait pas de Kendler un anti-réductionniste : comme nous l'avons montré précédemment, celui-ci cherche bien, autant que faire se peut, à *réduire* les mécanismes impliquant des parties et entités de haut niveau. Réciproquement, le fait de militer activement pour opérer des tentatives de réduction ne fait pas de Bickle un scientifique aveugle à la complexité des interactions causales entre les niveaux.

Deuxièmement, tant Mitchell que Longino plaquent des arguments métaphysiques sur la pratique scientifique. Elles défendent la nécessité épistémique de garantir une pluralité des niveaux d'explication sur la base d'affirmations générales, d'ordre ontologique, portant sur les objets complexes. Encore une fois, cette stratégie argumentative n'est pas critiquable du fait qu'elle sorte du cadre de l'expérience possible. La question est plutôt celle de savoir si elle permet de soulever des problèmes authentiques. Notre thèse est que *dans le contexte actuel*, l'affirmation selon laquelle il existe, dans le monde, des niveaux portant des pouvoirs causaux indépendants constitue une réponse à un problème spéculatif. Soit il est scientifiquement insoluble et dans ce cas, les raisonnements que l'on construit à son sujet ne peuvent prétendre à avoir de conséquences sur les pratiques scientifiques. Soit il peut être jugé soluble et dans ce cas, nous avons suggéré que mener des tentatives de réduction semble, *à l'heure actuelle*, le meilleur moyen de chercher à le résoudre. Plus précisément, il ne peut exister d'arguments empêchant la construction d'explications mécanistes réductionnistes. Dans ce cas, la question de l'émergence (ou de la pluralité des niveaux de causalité) disparaît d'elle-même en tant que problème : le seul moyen de la résoudre est en effet de ne pas la considérer comme un obstacle à la pratique concrète de la réduction. Ainsi, en suivant la logique interne de l'enquête, les chercheurs tendent spontanément à expliquer les mécanismes impliquant des parties ou entités de haut niveau en les réduisant. Bien entendu, la réduction peut s'avérer difficile, mais dans ce cas, et à moins d'un blocage d'un grand nombre de pratiques de réduction, la possibilité théorique, générale, de cette dernière ne sera pas mise en cause. C'est pourquoi l'anti-réductionnisme de Longino et de Mitchell est *spéculatif* : les raisonnements qu'elles déploient sont impuissants à influencer sur les pratiques scientifiques, car elles ne formulent pas en problèmes *bien posés* les obstacles réels vécus par les scientifiques. Par exemple, face aux difficultés posées par l'explication de la dépression *via* des causes génétiques, une problématisation conduisant à formuler une hypothèse du type « les objets complexes ont la caractéristique ontologique d'être constitués de niveaux causalement

indépendants » s'avère, en pratique, moins féconde qu'une hypothèse du type « l'environnement interfère avec l'expression génétique ». Dans le premier cas, on ne formule aucun problème permettant de lever l'obstacle rencontré. Dans le second au contraire, on ouvre la voie à la recherche des mécanismes cérébraux (impliquant les circuits neuronaux), cellulaires ou moléculaires rendant compte de l'interférence entre gènes et environnement.

Enfin, troisièmement, leur appel au « pragmatisme » révèle une vision simpliste de la manière dont se mêlent problèmes endogènes et exogènes au sein du champ scientifique. Nous avons vu que Mitchell soulignait le rôle joué par nos *intérêts* dans les représentations que nous nous forçons du monde et dans le choix des perspectives utilisées pour le décrire. La position de Longino est plus floue. Elle évoque le fait que les différentes approches utilisées pour étudier le comportement humain nous offrent des savoirs « partiels » qui ne sont pas forcément « commensurables » (Longino, 2013, p. 8). Le point nodal de son argumentaire consiste alors à valoriser une démarche visant à « établir des cartes guidant l'action, sans privilégier de mécanisme causal particulier » (p. 149). Ainsi, Longino soutient finalement une position proche de celle de Mitchell, selon laquelle l'étude d'objets complexes, caractérisés par la coexistence d'approches (compatibles ou non) ayant de forts enjeux utilitaires, doit être structurée en suivant un *pluralisme pragmatique* : on sélectionne ce qui fonctionne (ce qui permet de résoudre des problèmes pratiques, de soigner des pathologies, etc.) ; or, étant donné la nature de ces objets, un grand nombre d'approches sont susceptibles de fonctionner ; il faut donc promouvoir le pluralisme au niveau des politiques scientifiques. Il nous semble que ce raisonnement s'appuie, dans ses fondements, sur une perspective pragmatiste proche de celle que nous avons développée dans la partie 2, mais s'en éloigne singulièrement dans sa conclusion. La raison en est, selon nous, une lecture trop restrictive de la notion d'*intérêt* ou de besoin qu'il mobilise. Lorsque l'on affirme que nos représentations du monde naturel en général et des objets complexes en particulier, sont dépendantes de nos intérêts, il ne faut pas entendre ce terme uniquement dans le sens de *problèmes exogènes* et encore moins dans le sens de *problèmes utilitaires*. Dans notre perspective, la notion d'intérêt se confond avec celle de *problème authentique* et doit donc être réinscrite dans la logique de l'enquête. Si l'on prend en compte l'existence d'interactions permanentes et constitutives, entre les différentes pratiques internes et externes au champ scientifique, l'authenticité est dépendante, dans les faits, de l'importance prise par la résolution du problème en question vis-à-vis de l'*ensemble* des pratiques en cours. Un pragmatisme cohérent doit alors laisser de côté la question de l'utilité proprement dite, pour se concentrer sur celle de l'authenticité. Dans ce cadre, rien ne permet d'affirmer que l'importation de problèmes exogènes, en elle-même, impose

(dimension descriptive) ou nécessite (dimension normative) un pluralisme. Les formes prises par ce dernier tendent à être déterminées par l'équilibre entre problèmes endogènes et exogènes. Ainsi, dans les cas d'étude développés précédemment, c'est la nécessité du soin, combinée à des acquis techniques d'observations des tissus nerveux, qui a conduit à l'élaboration d'une représentation biochimique des pathologies mentales, représentation qui, bien que développée par des psychiatres, se voulait générale et unificatrice. Le maintien de disciplines et de pratiques de plus haut niveau (psychothérapie, psychanalyse, étude des causes environnementales, etc.) s'est imposée d'elle-même *à la fois* pour répondre à l'exigence du soin et pour fournir des explications mécanistes plus complètes des troubles mentaux. Finalement, ce n'est pas la nécessité de l'action, ou de l'intervention, qui peut cautionner en elle-même la défense du pluralisme. Réciproquement, la recherche d'explications théoriques se voulant unificatrices ne met pas en danger la coexistence d'approches se basant sur des niveaux d'organisation distincts. Le pluralisme, pour être fécond, ne peut donc émerger que des pratiques elles-mêmes, comme réponse à des problèmes authentiques.

IX.7.3 Quelle gestion de la pluralité ?

La conséquence de cette critique du pluralisme est importante sur le plan de la gouvernance des sciences. Elle suggère en effet que la valorisation de la pluralité *ne peut être un programme en soi pour les politiques scientifiques* (c'est-à-dire, ne pas guider directement la répartition des fonds). Concrètement, la diversification de l'allocation des ressources entre les spécialités ne doit pas être fondée sur l'idée selon laquelle le maintien d'une variété d'approches est souhaitable *en général*. C'est toujours par référence à des problèmes réels, émergeant des pratiques existantes, que toute forme de pluralisme (ou, respectivement, de monisme) trouve son intérêt épistémique. En particulier, l'idée selon laquelle le monde (ou tel ou tel objet) est « complexe », ou qu'il existe des phénomènes « émergents », ne semble pas, *à l'heure actuelle*, constituer un terreau permettant la formulation de problèmes suffisamment authentiques pour justifier un anti-réductionnisme de principe devant avoir une implication pour les politiques scientifiques.

Cela ne signifie pas, et ce point est crucial, que le pluralisme soit une question strictement endogène au champ scientifique, qui ne peut ni ne doit être traitée collectivement, c'est-à-dire en impliquant d'autres acteurs que les chercheurs. Le concept de système de pratique, tiré de la littérature liée au *practical turn*, permet, bien au contraire, de penser l'authenticité comme le résultat d'interactions entre des problèmes endogènes et exogènes. Cette thèse est, tout d'abord, valable dans les faits : les études de cas que nous avons développées dans cette partie ont bien permis de l'exempli-

fier et de la préciser. Mais nos analyses lui donnent également une portée normative. Nous avons fait l'hypothèse, en premier lieu, que la prise en compte de tels problèmes exogènes était potentiellement bénéfique sur le plan épistémique, car elle permet de renouveler les pratiques menées au sein du champ scientifique. Le lien entre le renouvellement de ces pratiques et la productivité épistémique du champ scientifique reste à établir plus formellement, mais les données historiques présentées vont dans cette direction. Nos réflexions sur le pluralisme apportent ici un autre argument : si la balance entre des approches distinctes doit être pensée comme une réponse à des problèmes authentiques, il peut être fécond de prendre en compte conjointement *toutes les sources* d'indéterminations. Par exemple, les limites ou les avantages du réductionnisme peuvent tout autant être mises en évidence lors des tentatives d'explication des mécanismes de la carcinogenèse que de la recherche de traitements efficaces. *Ainsi, s'il existe une dimension de la question du pluralisme touchant aux politiques scientifiques, c'est celle de la mise en place de conditions institutionnelles permettant une prise en compte large des problèmes rencontrés au sein de la situation.* Cette conclusion permet d'esquisser la direction que nous allons prendre dans la partie 4 afin de tenter de tirer les conséquences pour la gouvernance de la science de nos analyses épistémologiques. Il s'agira ainsi de penser un mode de gestion du développement scientifique qui rende possible le déploiement de la logique interne de l'enquête dans le cadre d'un système de pratiques soulevant à la fois des problèmes endogènes et exogènes. Plus précisément, la question est celle des mécanismes permettant d'évaluer l'authenticité comparative des problèmes soulevés (autrement dit, l'intérêt des projets proposés), et donc celle de l'efficacité épistémique du processus de revue par les pairs. Nous défendrons, dans la partie 4, un mode de financement décentralisé, valorisant la participation à petite échelle des différents publics (communautés scientifiques, citoyens, groupes d'intérêts) à l'évaluation de l'intérêt (de la signification) des projets proposés. Nous montrerons que ce schéma est susceptible d'optimiser la fécondité épistémique du champ scientifique, tout en répondant à certaines exigences de démocratisation des décisions de politique scientifique. Nous montrerons également que cette modalité de financement constitue une forme d'équilibre vertical entre liberté individuelle et pilotage centralisé, préférable à l'équilibre horizontal souvent prôné par les scientifiques entre financements sur projets et financements récurrents. Avant de développer ce point, dressons un court bilan des acquis de cette partie 3.

CONCLUSION DE LA PARTIE 3

Cette partie avait pour objectif de considérer la thèse II (anti-utilitariste) en tant que problème épistémologique : comment la pression exercée par les problèmes identifiés hors du champ scientifique joue-t-elle sur la production des connaissances ? Nous avons ainsi reformulé la thèse II en déplaçant l'antagonisme cognitif *vs.* utilitaire, ou fondamental *vs.* appliqué, vers l'opposition endogène *vs.* exogène. Ce mouvement est justifié par la critique de l'assimilation, courante dans les argumentaires défendant l'autonomie de la science comme une nécessité épistémique, de la pureté comme éloignement vis-à-vis de toute souci de l'utile et du caractère *fondamental* comme qualifiant la nature des connaissances produites. Après avoir donné une définition pragmatiste du champ scientifique comme lieu privilégié de l'enquête, nous proposons de considérer comme fondamentale une science rendant possible le déploiement de la logique interne de la recherche (l'identification et la problématisation des indéterminations rencontrées), indépendamment de la nature de ses objectifs (utilitaires ou cognitifs).

La question est dès lors celle des mécanismes et des conséquences épistémiques de l'interaction entre les problèmes identifiés dans le cours de l'enquête (endogènes) et des problèmes identifiés hors du champ scientifique (exogènes). Pour l'aborder, nous avons développé tout d'abord des études de cas provenant des sciences biologiques. Les développements historiques de la biochimie, de la génétique puis de la biologie moléculaire nous ont permis de mettre en évidence une perméabilité permanente et constitutive, à *tous les niveaux de la pratique scientifique* (du plus technique au plus théorique), du champ scientifique aux problèmes exogènes dans les domaines considérés. Nous avons également pu illustrer, confirmer et étendre le modèle pragmatiste de l'enquête, impliquant une forme de *conservatisme pratique*. Nous avons alors suggéré que les pressions exercées par les problèmes exogènes se révèlent épistémiquement positives en tant qu'elles permettent de renouveler les pratiques et de contrer ce conservatisme endogène au champ scientifique. La mise au jour des conditions institutionnelles optimisant cette interaction positive entre problèmes endogènes et exogènes restent à préciser. Les analyses empiriques que nous avons menées nous ont en outre conduit à remettre en cause le modèle de la *finalization thesis*. Nous avons alors proposé que la *complexité*

des objets biologiques pouvait être mobilisée pour rendre compte de l'écart vis-à-vis d'une théorie principalement construite sur la base des sciences physiques. Cette question nous a semblé particulièrement justifiée du fait de l'existence de discussions vives, en philosophie des sciences, portant sur le type de connaissance que l'on peut acquérir de ces objets complexes et sur la gestion de la pluralité des approches, modèles, représentations ou théories développées à leur égard. Quelques épisodes de l'histoire de la psychiatrie et de la cancérologie nous ont permis d'éclaircir les mécanismes d'interaction entre problèmes endogènes et exogènes et de justifier le rôle de la complexité comme facteur pouvant conditionner une perméabilité particulière du champ scientifique à la pression de l'utile et l'importance épistémologique de cette dernière. Nous avons également remis en cause une certaine forme d'anti-réductionnisme, comme celui de Longino et S. Mitchell, cherchant à faire de la défense du maintien de la pluralité dans l'étude des objets complexes un programme épistémologique, voire de politique scientifique, c'est-à-dire devant guider les orientations prises par le champ scientifique. Nous avons montré que cet anti-réductionnisme spéculatif, mobilisant des arguments d'ordre métaphysique pour justifier la nécessité générale de la pluralité, entretenait une conception du réductionnisme fort éloignée de la manière dont il est expérimenté et pratiqué par les chercheurs. En l'état, il ne peut pas prétendre identifier des problèmes authentiques et ne peut donc pas jouer positivement sur la fécondité de l'enquête. Nous en avons déduit, enfin, que seule une prise en compte conjointe de l'ensemble des obstacles précis authentiquement rencontrés à l'intérieur et à l'extérieur du champ scientifique pouvait fonder une gestion de la pluralité conforme à la logique interne de la recherche. Précisons qu'il ne s'agit pas, pour nous, de rentrer dans le jeu de l'opposition entre science et métaphysique. Ce n'est pas l'usage de la métaphysique en elle-même (conçue ici comme ensemble de jugements excédant toute expérience possible) qui est ici en cause, mais sa déconnexion *contextuelle* des pratiques en cours.

Cette conclusion amène naturellement vers la dimension plus pratique de ce travail. À travers la critique du pluralisme de Longino ou Mitchell, nous avons pu montrer que de nos analyses épistémologiques découlaient certaines conséquences pratiques concernant la gouvernance de la science. D'une part, la réflexion sur l'équilibre entre liberté individuelle et pilotage centralisé nous a conduit à développer un modèle pragmatiste de la dynamique de la recherche, mettant au jour la nature des contraintes *endogènes* au processus de recherche sur la détermination des problèmes à résoudre – d'où la notion de *conservatisme pratique*. Nous avons ensuite complété ce schéma en nous penchant sur les mécanismes d'interactions entre problèmes endogènes et problèmes exogènes et leurs consé-

quences épistémiques. En nous focalisant sur le cas des objets biologiques complexes, nous avons suggéré que cette perméabilité, constitutive, contribué positivement à la productivité épistémique de la science. Arrêtons-nous un instant sur cette idée, afin de bien cerner la portée et les limites de nos analyses.

Il nous est apparu que l'importation de problèmes exogènes dans le champ scientifique avait, dans les faits, participé à la construction de connaissances en biologie – en génétique, biochimie, biologie moléculaire, biologie cellulaire, neurobiologie. En outre, nous avons défini, au fil de cette partie, la fécondité du champ scientifique comme *sa capacité à poser et à résoudre des problèmes authentiques*. Dans cette définition, les problèmes considérées peuvent être endogènes ou exogènes. Cette fécondité a donc une dimension épistémique, en tant qu'elle permet de construire des connaissances théoriques, et une dimension que l'on peut qualifier d'utilitaire, en tant qu'elle permet de résoudre certains types de problèmes apparaissant en dehors du champ scientifique (soigner des maladies, etc.). Les analyses menées dans cette partie nous ont montré en quoi ces deux dimensions étaient étroitement entremêlées : l'importation de problèmes exogènes (en particulier, utilitaires) n'*entre pas en compétition* avec l'acquisition de connaissances fondamentales. Il existe donc sans doute une corrélation positive entre la fécondité (pragmatiste) de l'enquête et sa productivité épistémique – sa capacité à construire des connaissances. Cependant, il importe de justifier et de qualifier plus rigoureusement la nature de cette corrélation, de manière à entrer dans la dimension plus normative de notre travail : comment établir un équilibre entre problèmes endogènes et exogènes d'une part et entre liberté et pilotage d'autre part, qui permette d'optimiser la productivité du champ scientifique ? La quatrième et ultime partie de ce travail tente de mobiliser les analyses épistémologiques développées jusqu'ici au service de ces interrogations. L'enjeu est de leur donner, ainsi, un tour plus pratique, en montrant comment elles peuvent être utilisées pour penser les conditions institutionnelles de l'attribution des ressources à la recherche scientifique.

PARTIE 4

VERS UN MODÈLE ALTERNATIF DU PILOTAGE
DE LA RECHERCHE

INTRODUCTION

Comment penser des conditions de pilotage de la science qui satisfassent les contraintes propres à la dynamique du processus de recherche ? Cette dernière partie se veut une synthèse constructive des analyses précédentes, visant à proposer une contribution épistémiquement informée à la question, résolument contemporaine, du renouvellement du « contrat social » de la science (Douglas, 2009, p. 10). Cette exigence de renouvellement est en effet devenue, ces dernières années, un leitmotiv des discours produits et circulant au sein des instances de gouvernement, à l'échelle européenne notamment :

L'établissement d'un dialogue entre la science et le reste de la société n'a jamais été aussi important (...). Après dix années d'action, à l'échelle de l'Union Européenne, passées à développer et promouvoir le rôle de la science dans la société, au moins une chose s'avère être claire : nous ne pouvons trouver les bonnes réponses aux défis auxquels nous faisons face qu'en impliquant autant de parties prenantes que possible dans le processus de recherche et d'innovation. La recherche et l'innovation doivent répondre aux besoins et aux ambitions de la société, refléter ses valeurs et être responsables.

Ces quelques mots, prononcés par la commissaire européenne pour la recherche, l'innovation et la science, Marie Geoghegan-Quinn, à la conférence « Science en dialogue : vers un modèle européen pour la recherche responsable et l'innovation » tenue en 2012¹⁷⁷ sont représentatifs de l'importance qu'a pris, dans le débat politique, l'établissement de ce nouveau type de contrat entre « la science » (la recherche et l'innovation) et « la société ». En particulier, la notion de recherche « responsable » a été mise au centre du programme européen « Science with and for Society », dans le cadre de la stratégie Horizon 2020 (H2020) (Owen *et al.*, 2013 ; Grinbaum et Groves, 2013 ; Rip, 2014). Les limites de l'applicabilité du concept de responsabilité au développement scientifique et technologique sont cependant loin d'être clairement définies (Owen *et al.*, 2012 ; Rip, 2016) : à qui s'impose cette responsabilité ? Selon quels critères peut-on juger qu'une voie de recherche ou une invention est

¹⁷⁷http://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_public_engagement/responsible-research-and-innovation-leaflet_en.pdf (consulté le 2 septembre 2018).

responsable ? Quelles formes institutionnelles doit alors prendre cette injonction à la responsabilité (mode de financement, participation des publics, etc.) ? Une littérature relativement abondante, parfois adossée à des projets de recherche d'envergure internationale, s'est ainsi développée ces dernières années afin de chercher à préciser les aspects éthiques, politiques et épistémologiques de ce concept de responsabilité. Citons notamment le projet « Responsible Research and Innovation (RRI) in Practice » (stratégie européenne H2020), ayant vocation à identifier, sur la base d'études menées au sein de différents organismes de recherche européens, les leviers et barrières à la mise en œuvre des « bonnes pratiques » de recherche le long des cinq dimensions choisies pour structurer le débat : éthique, engagement social, équité de genre, libre accès et éducation¹⁷⁸.

La question de l'engagement social, rejoignant l'injonction de « répondre aux besoins et aux ambitions de la société » pose spécifiquement le problème de l'équilibre entre le pilotage politique/économique/démocratique de l'orientation de la science, son autonomie institutionnelle et la liberté individuelle des chercheurs¹⁷⁹. La recherche de cet équilibre est l'un des enjeux phares des réflexions contemporaines sur la gouvernance de la recherche, et en particulier de la recherche publique, à l'échelle européenne. Par exemple, un rapport publié en 2003 par l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Économiques) et s'intéressant à la manière dont sont déterminées les priorités de la recherche dans différents pays insiste sur la difficulté à fixer le *bon niveau* d'intervention du politique dans l'orientation de la science (OCDE, 2003). Plusieurs types de tensions sont ainsi identifiées. La première souligne une opposition entre « l'impulsion par la science et le pilotage par la demande ». Cet antagonisme s'exprime à travers « des processus de décision complexes impliquant non seulement la communauté scientifique, mais aussi des parties prenantes extérieures à la science et, en particulier, certains secteurs de la société (la santé, l'agriculture ou l'industrie, par exemple) » (p. 7). Autrement dit, les États finançant la recherche tentent d'instaurer un équilibre, prenant des formes distinctes selon les cas, entre les scientifiques eux-mêmes et les multiples parties prenantes susceptibles d'être affectées par les décisions de politique scientifique. Le rapport note ainsi l'existence, assez généralisée, de comités consultatifs constitués pour partie de scientifiques, d'industriels et de représentants des ministères. Des « procédures de consultations

¹⁷⁸On pourra se référer, pour plus d'informations quant aux objectifs et à l'organisation de ce projet, au site web qui lui est dédié : <http://www.rri-practice.eu/> (consulté le 2 septembre 2018).

¹⁷⁹La peur d'une perte d'autonomie s'est souvent manifestée au cours des « National Workshops » tenus dans le cadre du projet RRI-in Practice. Voir les rapports sur <http://www.rri-practice.eu/knowledge-repository/national-workshop-reports/> (consulté le 2 septembre 2018).

publiques » commencent également à être utilisées (p. 18). Le poids alloué à chacune de ces instances et la nature des acteurs ayant l'initiative des propositions varient en fonction des contextes nationaux, des budgets disponibles, etc. Une autre tension concerne l'équilibre entre « recherche fondamentale et recherche par projets » ou entre « le financement institutionnel et le financement de programmes/projets » (p. 12). Finalement, pour les auteurs du rapport, « trouver un juste équilibre entre la recherche fondamentale, recherche finalisée et recherche appliquée, entre financement institutionnel central [récurrent] et financement par programmes/projets » est « un défi » et « une difficulté de taille pour les gouvernements » (p. 18).

Afin de formuler le problème d'une manière peut-être plus directe, rappelons ici l'une des interrogations ayant servi de point de départ à la présente thèse : étant donnée une certaine somme d'argent S à utiliser pour financer le champ scientifique, quel mode de répartition est susceptible d'optimiser sa productivité épistémique ? Notons dès à présent qu'ainsi posée, la question des schémas de financement est aveugle à l'origine (en particulier, publique ou privée) des fonds. Il s'agit ainsi en premier lieu de trouver des conditions générales de pilotage, sans référence à la diversité actuelle des sources de financement. La pertinence de cette idéalisation sera justifiée à la fin de cette partie, en montrant comment elle permet de proposer un schéma d'attribution des ressources apte à intégrer les financements publics *et* les financements privés.

Comment les analyses que nous avons conduites jusqu'à présent peuvent-elles nous permettre de répondre à cette question de l'optimisation des modalités d'attribution des fonds au champ scientifique ?

L'objectif de cette dernière partie est de traduire les analyses épistémologiques proposées dans les parties précédentes en conditions *théoriques* de pilotage (chapitre XI) ; ces dernières seront ensuite transcrites en un schéma pratique de financement (chapitre XII). Avant de formuler ces conditions, il nous semble nécessaire de nous pencher sur les principales caractéristiques des modes actuels de pilotage par les pouvoirs publics (chapitre X). Cela nous permettra de contraster nos conclusions avec les pratiques et les discours contemporains portant sur la distribution des ressources attribuées par les États au champ scientifique.

Le chapitre X a ainsi pour objectif de détailler quelques aspects concrets du pilotage de la recherche publique tel qu'il se pratique actuellement. Afin d'en discerner les grandes tendances, nous prendrons notamment comme exemple le cas de la France et des États-Unis. Après une analyse des formes prises par la distribution des ressources, nous montrerons qu'il existe aujourd'hui, dans les

pratiques et dans les discours, une tendance à rechercher un équilibre « horizontal » comme solution de compromis entre liberté individuelle, autonomie institutionnelle et pilotage. Cet équilibre vise à faire *co-exister* une science orientée/finalisée/programmée/stratégique et une science libre, limitant les contraintes pesant sur le champ scientifique dans son ensemble et celles pesant sur les individus. Le chapitre suivant (chapitre XI) s'attachera alors à décrire une forme alternative d'équilibre, que nous qualifions de « vertical » et qui nous semble mieux satisfaire les contraintes épistémiques que nous avons mises au jour. Nous présenterons alors les conditions génériques que devrait satisfaire cet équilibre. Enfin, le dernier chapitre s'intéressera aux modalités possibles de la mise en œuvre concrète de ces conditions de pilotage, en proposant un schéma alternatif de financement de la science (chapitre XII).

Avant de débiter cette dernière partie, quelques mises en garde méthodologiques s'imposent. Notre objectif avoué est de tenter de mobiliser nos analyses épistémologiques afin de proposer un schéma alternatif de financement de la recherche et de l'innovation. Pour ce faire nous serons amenés (en particulier dans le chapitre X) à faire référence aux modalités actuelles d'attribution des fonds. Or, même en ne considérant que le cas des mécanismes de distribution des ressources publiques, les décisions prises le sont de manière relativement opaques : l'élaboration des stratégies de recherche à l'échelle nationale (Stratégie Nationale de Recherche en France) ou européenne (Horizon 2020), ou des documents de cadrage émis par les agences de financement (plans d'action de l'Agence Nationale de la Recherche) constituent autant de boîtes noires dont le fonctionnement est difficile à appréhender dans tous ses détails. D'ailleurs, cette opacité est selon nous l'une des raisons pouvant justifier une refonte des modalités du financement de la recherche. En particulier, nous montrerons que la place prise par les comités d'experts surplombant les systèmes de pratiques est sans doute préjudiciable à la productivité épistémique du champ scientifique. Reste que nous en serons souvent réduits, pour bâtir nos critiques, à formuler des hypothèses sur les mécanismes internes présidant actuellement au pilotage de la recherche. Cette remarque ne devrait pas affaiblir la portée de nos propositions : la référence aux réalités contemporaines de la distribution des ressources publiques a en effet comme rôle principal d'établir un contraste avec les solutions que nous défendons.

D'autre part, nous nous devons d'insister dès à présent sur le caractère prospectif des propositions que nous formulons dans le chapitre XII. Il s'agit avant tout pour nous d'ouvrir une voie d'investigation, en montrant qu'il est possible de réfléchir *autrement* à la question du financement

de la science. Autrement, c'est-à-dire en rejetant à la fois la valorisation parfois naïve de la liberté individuelle et de l'autonomie scientifique, et le pilotage excessif de l'enquête. Notre schéma vaut donc surtout en tant que contre-modèle à discuter et à affiner dans une démarche comparative.

CHAPITRE X

PILOTAGE ET MODES DE DISTRIBUTION DES RESSOURCES

X.1 Trois dimensions du pilotage

Le présent chapitre se fixe pour objectif d'entrer dans le détail des modalités d'attribution des ressources à la recherche publique, en Europe (en France notamment) et aux États-Unis¹⁸⁰. Nous ne prétendons pas, bien entendu, en fournir une description exhaustive. L'intérêt pour nous est de dégager quelques tendances majeures, marquant à la fois les pratiques du financement et les critiques contemporaines visant à les réformer ; tendances que nous pourrions contraster, dans un second temps, avec les conditions de pilotage que nous proposons dans les chapitres XI (conditions *théoriques*) et XII (propositions de mesures concrètes).

Il est sans doute nécessaire, en un premier temps, de rappeler en quelques mots ce que l'on doit entendre par pilotage de la recherche. Il est apparu, au fil de ce travail, que trois dimensions du pilotage pouvaient être différenciées. Nous proposons de les nommer pilotage comme *orientation*, comme *centralisation* et comme *externalisation*. La première désigne l'effet de guidage par des objectifs pré-définis, la seconde le processus de sélection compétitive des projets et la troisième l'influence des pressions extra-scientifiques (politiques, économiques, sociales) sur les politiques menées par les agences. Ces trois dimensions, bien que souvent mêlées dans la pratique, ne se recouvrent pas en théorie. Il est tout à fait possible d'orienter la recherche (de lui imposer des objectifs pré-définis) tout en conservant une autonomie institutionnelle du champ scientifique dans la définition de ces objectifs (par exemple, en laissant les agences de financement aux mains des seuls scientifiques). On

¹⁸⁰Le choix de nous pencher ici sur le financement de la recherche publique, sans décrire ses interactions avec la sphère privée se justifie par notre volonté d'*isoler* certaines dimensions abstraites du pilotage. Dans les faits, ces dimensions se retrouvent (et se combinent de manière plus ou moins complexe) dans tout schéma de financement, y compris ceux mis en place dans les programmes de R&D impliquant les acteurs économiques.

aurait alors un pilotage orienté, centralisé mais pas externalisé. De même, il est possible de mettre sur pied un financement centralisé, mais pas orienté. Ce serait le cas, par exemple, si la seule qualité épistémique des projets était jugée, indépendamment de leurs objectifs ; ou encore, si les projets financés étaient sélectionnés au hasard (Fang et Casadevall, 2016 ; Avin, 2018).

De manière générale, le pilotage de la recherche publique s'appuie aujourd'hui sur l'existence de grandes agences de financement : Agence Nationale de la Recherche (ANR) en France, Research Councils UK au Royaume-Uni, National Science Foundation (NSF) et National Institutes of Health (NIH) aux États-Unis. Ces agences sélectionnent les projets soutenus, sur la base (éventuelle) d'objectifs (plus ou moins directifs) pré-définis. Les modes d'allocation des ressources au champ scientifique mis en place par ces agences constituent ainsi le levier principal par lequel se met en place, très concrètement, le pilotage de la recherche (Viola, 2015 ; Avin, 2017). Dans la première section de ce chapitre, nous présentons quelques formes majeures prises, dans le monde contemporain, par les mécanismes de financement de la recherche. Dans un second temps, nous montrerons que ces pratiques de financement et les critiques qui les accompagnent, tendent à valoriser un type d'équilibre « horizontal » comme solution de compromis entre la volonté de pilotage et les revendications de liberté et d'autonomie institutionnelle du champ scientifique.

X.2 Formes actuelles du pilotage : quelques tendances majeures

Les mécanismes actuels de financement de la recherche publique sont marqués par la montée en puissance de la recherche « sur projets » (Comets, 2010, Graves, 2011, Académie, 2012, Franssen *et al.*, 2018, Velarde, 2018 ; Whitley, 2018) et la diversification des sources de financement (Nedeva, 2013, Luukkonen, 2014). Ainsi, en France, la part du financement sur projet de l'ensemble de la recherche (publique et privée) est-elle passée de 11% à 22% entre 1982 et 2002 (Hubert, 2012, p. 16). Ces financements sont distribués par un grand nombre d'acteurs distincts : ministères, collectivités territoriales, Union européenne, agences scientifiques (ANR, INSERM, CNRS). Cette évolution du mode d'allocation des ressources génère « un environnement de financement complexe et turbulent » (Gläser et Velarde, 2018, p. 4) dont il est délicat d'estimer « les effets sur la production des connaissances scientifiques » (p. 3). Comme le note encore Gläser dans son introduction au numéro spécial de *Minerva* consacré à cette question des effets, sur les pratiques scientifiques, des modifications contemporains des modes de financement de la science, les recherches menées jusqu'à présent sur le sujet se sont focalisées sur « des types particuliers de schémas ou d'agences de financement »,

étudiés « isolément les uns des autres » (p. 4). Il est difficile, dans ce contexte, d'obtenir une vue *synthétique* des conséquences de telle ou telle organisation institutionnelle sur la production des connaissances.

Gläser note cependant trois grandes tendances ayant pu être documentées et théorisées à ce jour. La première se penche sur le rôle et le fonctionnement des agences de financement, dans une perspective sociologique et managériale. Le point de départ de ces travaux est la reconnaissance du pouvoir grandissant acquis par ces agences, du fait de « la transition depuis un modèle de financement récurrent vers un modèle hybride combinant financement inconditionnel et financement sur projets¹⁸¹ ». Les agences de financement sont alors étudiées comme des « organisations intermédiaires » entre l'État et les scientifiques (Guston, 1996 ; Braun, 1993 ; Braun, 1998), développant des mécanismes de sélection de programmes de recherche dont les mécanismes ont été bien étudiés d'un point de vue organisationnel (Luukkonen, 2012 ; Edler *et al.*, 2014). Dans ce cadre, plusieurs types d'études ont tenté d'évaluer l'impact des schémas de financement sur la production des connaissances, notamment sur la base d'études bibliométriques (Möller *et al.*, 2016). Cependant, la possibilité d'en tirer des conclusions générales reste limitée, notamment parce que les résultats sont susceptibles de différer fortement entre les types de programme (Gläser et Velarde, 2018).

Une seconde catégorie de travaux se penche sur les conséquences des collaborations entre les sphères académiques et industrielles. Nous avons déjà abordé cette question dans la première partie de cette thèse. Rappelons que l'alignement des directions de la recherche avec les intérêts commerciaux des financeurs a, ou est suspectée d'avoir, un certain nombre d'effets sur la qualité épistémique des connaissances produites (Lam, 2010), la diffusion du savoir (Sismondo, 2009), l'existence de biais dans les connaissances produites (Biddle, 2011) et les stratégies mises en place par les chercheurs pour échapper à ces pressions (Murray, 2010). Cependant, là encore, la complexité des environnements de financement rend délicate l'attribution des effets observés à des causes bien identifiées (Gläser et Laudel, 2016 ; Krinsky, 2013).

Enfin, une dernière perspective de recherche centre ses analyses sur l'évaluation de la recherche

¹⁸¹Extrait de l'appel à contributions rédigé par Gläser et Velarde pour le numéro spécial de *Minerva* consacré aux modifications des conditions de financement de la recherche. Disponible sur http://www2.huberlin.de/dests/wp-content/uploads/2015/07/Minerva_SL_call-for-papers.pdf (consulté le 2 septembre 2018).

comme nouveau mode de management des structures publiques et l'apparition conjointe d'un système de financement basé sur la performance (« performance-based funding systems », Hicks (2012)). Dans ce cadre, les universités sont devenues des agences intermédiaires de distribution de fonds, cherchant à augmenter et à diversifier leurs sources de financement tout en exerçant une autorité managériale sur les individus (Coccia, 2009). Cette dernière s'exprime par la mise en place de mécanismes de sélection stratégique des projets poursuivis, permettant aux universités de jouer positivement sur leur performance et leur attractivité (Musselin, 2014). Malgré la richesse des travaux portant sur ces nouveaux modes de gestion de la recherche, il reste là encore difficile d'établir « des relations causales claires entre les mécanismes de financement et le contenu et la conduite de la recherche » (Gläser et Velarde, 2018, p. 4).

Ce survol de quelques grands types de travaux cherchant à caractériser les modifications contemporaines du management de la recherche n'a évidemment pas pour souhait d'être exhaustif et pour cause : il semble que la richesse et la diversité de ces analyses se laisse difficilement capturer dans une vision synthétique, dont on pourrait tirer un ensemble de conclusions nettes et cohérentes. Ce point est précisément défendu par Gläser, sociologue spécialisé dans l'étude du rôle des facteurs institutionnels dans la conduite et le contenu de la recherche : selon lui, un pan de recherche manque encore, qui tenterait d'identifier précisément les liens entre les modes de financement, les pratiques de recherche et les choix épistémiques réalisés par les scientifiques (Gläser et Velarde, 2018, p. 5). Son introduction au numéro spécial de *Minerva* consacré à cette question (*Changing Funding Arrangements and the Production of Scientific Knowledge*) insiste ainsi sur la nécessité de compléter l'analyse fine, dans une perspective sociologique et managériale, des conditions de financement, par une étude des « pratiques épistémiques, spécifiques à chaque champ de recherche ». En effet, « les pratiques de production des connaissances et leurs conditions épistémiques jouent un rôle crucial dans la détermination des effets du financement sur les individus et les organisations » (p. 8). Autrement dit, selon Gläser, il manque aux études sur la management de la recherche et de l'innovation, dont il dresse le bilan, une analyse des conditions épistémiques *internes* au champ scientifique déterminant la dynamique de production des connaissances. Or, c'est précisément ce type d'analyse que notre travail se propose de mener : dégager des contraintes en amont (avant toute connaissance des modalités précises du pilotage) devant guider la réflexion sur les modes de distribution des ressources. Nous avons donc, ici, la confirmation du rôle que peut et doit jouer la philosophie dans la réflexion sur les conditions du pilotage de la recherche. Face à la complexité des facteurs

interagissant dans la détermination des orientations prises par le champ scientifique, l'identification des relations de cause à effet entre les types de financement et la production des connaissances reste délicate. Dans ce cadre, il peut être nécessaire de déplacer le problème en s'interrogeant sur les caractéristiques propres au processus de recherche lui-même devant contraindre tout organisation institutionnelle du pilotage.

Avant de préciser ces conditions *théoriques* (chapitre XI), il est sans doute utile de proposer une perspective synthétique sur les différents types de manifestations possibles du processus de pilotage, tel qu'il s'instancie au sein des agences publiques de financement de la recherche. Nous reprenons, pour ce faire, notre distinction entre le pilotage comme orientation, comme centralisation et comme externalisation. Pour chacune de ces dimensions, nous présentons les traits saillants des mécanismes actuels du pilotage de la recherche, en prenant majoritairement appui sur l'exemple de la France (ANR) et des États-Unis (NIH et NSF). Dans un second temps, nous montrerons que ces trois dimensions sont le siège de tensions motivant la recherche d'équilibres, de solutions de compromis entre le pilotage, la liberté individuelle et l'autonomie institutionnelle du champ scientifique. Nous avons ainsi pour objectif de mettre au jour les directions vers lesquelles s'oriente cette recherche d'équilibre (équilibre « horizontal »), afin des les comparer dans la suite (chapitre XI), avec les conditions de pilotage que nous proposons (préconisant notamment la recherche d'un équilibre « vertical »).

X.2.1 Le pilotage comme orientation

La première figure fréquemment associée à la notion de pilotage de la recherche est celle de l'orientation. Nous avons déjà, dans la première partie, détaillé les significations prises par ce concept dans les discours portant sur l'autonomie scientifique. Rappelons que la notion d'orientation insiste sur le guidage de la recherche par des objectifs pré-définis, plus ou moins précis, servant de critères pour évaluer le succès ou l'échec d'un projet donné. Comment se manifeste, dans les modalités d'attribution des ressources par les agences publiques de financement, cette orientation de la recherche ?

X.2.1.1 Orientation thématique : le cas de l'ANR

Une première modalité en est, de manière assez triviale, l'existence d'orientations par des objectifs spécifiques dans les appels à projets – orientations pouvant être plus ou moins précises et contraignantes. L'ANR, en France, dédiée au financement de la recherche sur projet, gère environ

8% du budget total alloué à la recherche publique (Hubert, 2012, p. 17). Ce financement sur projet fait coexister « Appel à projets générique » et « Appels spécifiques », les candidatures au sein de ces deux composantes étant guidées par un « plan d'action » annuel définissant un programme général pour la recherche¹⁸². Ce dernier

s'inscrit dans le cadre fixé par l'agenda stratégique pour la recherche, le transfert et l'innovation « France-Europe 2020 », lui-même élaboré en cohérence avec le programme cadre européen « Horizon 2020 ». Le plan d'action est également construit en cohérence avec la Stratégie nationale de recherche (SNR) qui a été initiée par la loi sur l'enseignement supérieur et la recherche du 22 juillet 2013. En phase avec l'Agenda stratégique, la SNR vise à répondre aux défis scientifiques, technologiques, environnementaux et sociétaux en maintenant une recherche fondamentale de haut niveau¹⁸³.

En guise d'exemple, détaillons le contenu du plan d'action 2018. Les appels à projets génériques, tout d'abord, sont structurés en « axes de recherche », avec en toile de fond 10 défis de sociétés définis par la SNR (Stratégie Nationale de Recherche). Ces défis constituent des objectifs généraux, définis (en 2015) pour 5 ans, parmi lesquels : « Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique », « Le nouveau industriel », « Sécurité alimentaire et défi démographique », « Une ambition spatiale pour l'Europe », etc¹⁸⁴. À partir de ces 10 défis de sociétés, sont formulés 36 axes de recherche privilégiés. Ces axes¹⁸⁵ sont classés et divisés en sous-axes. Quelques exemples :

Axe 1 : Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique. Sous-axe 1-1 : Connaissances fondamentales sur les milieux naturels et la biodiversité ; sous-axe 1-2 : Innovations scientifiques et technologiques pour accompagner la transition énergétique.

Axe 2 : Energie propre, sûre et efficace. Sous-axe 2-1 : recherches fondamentales, exploratoires, concepts en rupture ; sous-axe 2-2 : captage des énergies renouvelables, récupération des énergies de l'environnement ; sous-axe 2-3 : Usage du sol dans une perspective énergétique ; sous-axe 2-4 : Conversion des ressources primaires en carburants et molécules, chimie du carbone ; sous-axe 2-5 :

¹⁸²Une partie du financement alloué par l'ANR est également dédié à des programmes non thématiques, comme les programmes blancs. Nous aborderons cette question dans la suite de notre travail. Notre objectif, ici, est de rendre compte de l'organisation de la recherche sur projets.

¹⁸³http://www.agence-nationale-recherche.fr/PA2018_documents (consulté le 2 septembre 2018).

¹⁸⁴La liste complète peut être trouvée sur <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/pid24538/strategie-nationale-de-recherche-s.n.r.html> (consulté le 2 septembre 2018).

¹⁸⁵Présentés dans l'annexe au plan d'action 2018, disponible sur <http://www.agence-nationale-recherche.fr/fileadmin/documents/2017/Plan-d-action-ANR-2018-Annexe.pdf> (consulté le 2 septembre 2018).

Gestion dynamique des systèmes énergétiques : stockages, réseaux, vecteurs ; sous-axe 2-6 : Équipements et procédés industriels économes en énergie, captage du CO₂ ; sous-axe 2-7 : Transition énergétique et sciences humaines et sociales.

Axe 4 : Vie, Santé et Bien-Etre. Sous axe 4-1 : Approches biochimiques et structurales ; Axe 4-2 : Génétique, Génomique et ARN ; Axe 4-3 : Biologie cellulaire, Biologie du développement et Evolution ; Axe 4-4 : Physiologie et Physiopathologie ; Axe 4-5 : Immunologie, infectiologie et inflammation ; Axe 4-6 : Neurosciences moléculaires et cellulaires/Neurosciences du développement/Neurosciences dégénératives ; Axe 4-7 : Recherche translationnelle en santé ; Axe 4-8 : Innovation médicale (nanotechnologies, médecine régénérative, thérapies et vaccins innovants, méthodes diagnostiques et biomarqueurs) ; Axe 4-9 : Technologies pour la santé.

À chacun de ces axes et sous-axes correspond un Comité d'Évaluation Scientifique (CES), chargé de la sélection des projets. À titre d'exemple, pour les cas donnés précédemment :

CES Milieux et biodiversité : Terre fluide et solide (Axe 1, sous-axe 1-1). Périmètre scientifique : fonctionnement et évolution du climat, des océans et des grands cycles ; caractérisation, dynamiques, fonctionnements de la zone critique et de la biosphère associée ; connaissance des ressources minérales : gisements et impacts environnementaux.

CES Milieux et biodiversité : Terre vivante (Axe 1, sous-axe 1-1). Périmètre scientifique : exploration globale de la biodiversité ; origine, caractérisation, et évolution des espèces ; dynamiques comportementales des espèces, des populations et des communautés ; l'ensemble des clades et des écosystèmes.

CES Innovations scientifiques et technologiques pour accompagner la transition écologique (Axe 1, sous-axe 1-2). Périmètre scientifique : développement de capteurs pour la surveillance de l'environnement ; méthodes et outils pour les services opérationnels d'alerte et de crise environnementale ; méthodes et outils de remédiation durable, de génie écologique, d'ingénierie climatique ; des approches nouvelles visant l'impact environnemental durable et maîtrisé de nouvelles filières économiques.

À ces appels à projets génériques, s'ajoutent une série d'appels spécifiques. Dans le plan d'action 2018, ces derniers se déclinent en plusieurs catégories, comme les actions « flash » et « challenges » (« actions focalisées sur des objectifs précis justifiant une réponse très rapide ou un dispositif particulier¹⁸⁶ »), ou encore le montage de réseaux scientifiques européens ou internationaux. Il s'agit ici de recherches plus explicitement ciblées sur des objectifs clairement définis. Enfin, il existe également, en marge des plans d'action et des axes de recherche qu'ils définissent, des « programmes blancs » se voulant plus ouverts quant aux objectifs poursuivis. Nous reviendrons sur ce point lorsque nous définirons l'équilibre « horizontal » comme solution de compromis recherchée actuellement entre liberté et pilotage.

Comme nous l'avons vu dans la première partie de cette thèse, cette *orientation* des objectifs de la recherche soulève classiquement un certain nombre de critiques spécifiques. L'une des principales concerne le développement et l'entretien d'une « économie des promesses¹⁸⁷ » (Felt, 2007), conduisant les scientifiques à proposer des objectifs rendus artificiellement adéquats avec les attentes des agences de financement. Cette dernière notion a été développée, à l'origine, pour rendre compte des « technoprophéties », qu'elles soient confiantes ou alarmistes, se développant et circulant à grande vitesse dans les sphères scientifiques, puis médiatiques (Chateauraynaud, 2005 ; Quet, 2014). Comme nous le verrons plus en détail dans les chapitres suivants, Stengers (2012) l'utilise également, dans son plaidoyer en faveur de la *slow-science*, pour caractériser une *science rapide* mise sous pression par les enjeux financiers, industriels et commerciaux. Elle peut également s'appliquer, par extension, aux biais apparaissant dans la manière de rédiger des demandes de bourse sous l'effet du rôle croissant du financement sur projets, comme l'a bien montré Velarde (2018). Cet auteur s'est intéressé à la manière dont s'est constituée une « rhétorique d'écriture de demande de bourses » (p. 85) en réponse à la place croissante prise par le financement sur projets. Son étude, menée sur la base d'une analyse de 80 demandes de bourses en 1975 et 2005 en Allemagne¹⁸⁸, montre une rupture à partir des années 1990. À cette date, « l'insistance sur les résultats du projet, ainsi que sur les probabilités de l'atteindre, est devenue un enjeu central de la rhétorique de rédaction des demandes » (*Id.*). Plus précisément, les chercheurs tendent aujourd'hui à *planifier* de manière explicite leurs travaux, en leur assignant non seulement un objectif clair, correspondant éventuellement aux orientations prises

¹⁸⁶<http://www.agence-nationale-recherche.fr/PA2018> documents (consulté le 2 septembre 2018).

¹⁸⁷Pour reprendre une notion initialement utilisée par Joly (2005) dans un rapport sur les nanotechnologies.

¹⁸⁸Après de la Deutsche Forschungsgemeinschaft.

par l'agence à laquelle ils s'adressent, mais en ayant également le souci de démontrer sa faisabilité – c'est-à-dire, en évaluant et en écartant au maximum les risques d'échec. Pour ce faire, la rédaction des projets implique généralement, aujourd'hui, un compte rendu détaillé des activités prévues, de la division de travail entre les individus impliqués, ainsi que l'assurance d'une haute probabilité de succès (p. 103). Selon Velarde (2018), on pourrait dès lors situer une rupture conceptuelle majeure entre les années 1975, reconnaissant comme norme implicite que « la recherche est un processus exploratoire dans lequel l'échec joue un rôle important » (p. 103) et les modes actuels d'attribution des fonds, rejetant tout projet donnant une trop faible assurance de résultat vis-à-vis d'un objectif éventuellement prédéfini comme important par les agences de financement. Notons que cette étude formalise et approfondit une critique courante, que l'on retrouve dans de nombreuses prises de position des scientifiques eux-mêmes portant sur les conditions actuelles du financement de leurs travaux. Comme nous l'avons largement montré dans le chapitre I, la probabilité d'atteindre l'objectif fixé est souvent décrite comme prenant une place démesurée dans l'évaluation des projets. Citons simplement ici, en guise d'exemple, le prix Nobel Kornberg, observant que « dans le climat actuel, les décisions de financement sont ultra-conservatrices. Si le travail que vous proposez n'est pas virtuellement certain de réussir, il ne sera pas financé. Et bien sûr, le type de travail que vous aimeriez mener, qui est innovant et en rupture, se situe à l'autre extrême » (cité par Fang et Casadevall, 2016, p. 2). Bien entendu, les analyses que nous avons menées dans la partie 2 nous suggèrent d'être, au minimum, circonspects vis-à-vis de la seconde partie de la phrase. Cependant, le « guide du déposant » à l'ANR¹⁸⁹ invite en effet de manière pressante les candidats à organiser leur proposition en fonction d'un objectif clairement défini, dont il faut justifier la pertinence vis-à-vis des « enjeux de recherche inscrits au plan d'action 2018 de l'ANR » (p. 20 du guide du déposant). Une partie du projet doit alors décrire « les moyens mis en œuvre » pour sa réalisation et l'autre ses « impacts et retombées ». De manière intéressante, la section portant sur l'organisation du projet lui-même doit présenter un plan d'évaluation des risques d'échec. Autrement dit, la probabilité de réussite du projet est un élément important pris en compte dans l'évaluation. Dans ce cadre, il est fréquent, nous l'avons vu, de noter que cette focalisation sur les objectifs initialement prévus conduit à négliger l'imprévisibilité inhérente au processus de recherche (Académie, 2012, p. 37 ; Comets, 2010, p. 9).

¹⁸⁹<http://www.agence-nationale-recherche.fr/fileadmin/aap/2018/aapg-anr-2018-guide-deposant.pdf> (consulté le 2 septembre 2018).

Cette attention aux succès se double de l'insistance, bien connue également, mise sur l'obtention de résultats *positifs* (au sens statistique du terme), tendance qui se retrouve dans la dynamique de publication. Comme le note le récent rapport Corvol¹⁹⁰, remis en 2016 au ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, la littérature scientifique est envahie par un grand nombre de résultats non reproductibles (Corvol, 2016, p. 10) qui ne sont pas repérés faute d'attention portée à la publication de résultats négatifs. Notons, avec Corvol, que ce biais fait l'objet de nombreux colloques et rapports depuis quelques années, à l'échelle internationale¹⁹¹. Nous reviendrons plus en détail sur ces différents points dans les chapitres suivants. Nous montrerons notamment que la focalisation sur les résultats positifs introduit un biais pouvant se révéler épistémiquement limitant dans la mesure où il brouille l'identification des problèmes authentiques rencontrés dans et en dehors du champ scientifique.

Une seconde critique importante dénonce le manque de souplesse d'une organisation de la recherche mettant l'accent sur la réalisation d'objectifs prédéfinis : en particulier, si la reconnaissance accordée au chercheur dépend uniquement de sa capacité à remplir l'objectif qu'il s'est assigné (en étant plus ou moins guidé par les axes prioritaires définis par l'agence en question), la possibilité de faire fructifier les événements imprévus générés dans le cours de sa pratique (et donc, à ré-orienter sa recherche) sera remise en cause. Nous avons pu montrer, dans la partie 2, en quoi l'inertie interne de la communauté scientifique rendait critiquable l'idée selon laquelle un principe maximisant la liberté individuelle serait épistémiquement optimal. Cependant, il est certain que les conditions de pilotage que nous proposerons dans le chapitre XI devront prendre en compte explicitement cette question de la gestion de l'imprévu.

Malgré ces critiques, le pilotage par orientation est parfois jugé plus positivement. Ainsi, le comité d'éthique du CNRS, dans son rapport sur « les aspects éthiques du financement de la recherche sur projets » (Comets, 2010) note-t-il qu'« en France, la politique des programmes interdisciplinaires, des actions thématiques programmées, des actions concertées incitatives, ont eu un impact posi-

¹⁹⁰ « Bilan et propositions de mise en oeuvre de la charte nationale d'intégrité scientifique », disponible sur http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/Actus/84/2/Rapport_Corvol_29-06-2016_601842.pdf (consulté le 2 septembre 2018).

¹⁹¹ On pourra par exemple se référer au rapport du symposium « Reproducibility and reliability of biomedical research », proposé par l'Académie médicale des sciences, le BBSRC, le MRC et le Wellcome Trust en avril 2015 : <http://www.acmedsci.ac.uk/researchreproducibility> (consulté le 2 septembre 2018).

tif. Elle a non seulement apporté des moyens supplémentaires aux équipes et aux chercheurs, mais aussi permis la création d'interfaces jusqu'alors peu développées » (Comets, 2010, p. 3). Les Actions Thématiques Programmées (ATP), lancées par le CNRS dans les années 1970, constituent en effet un bon exemple d'orientation s'étant avérée épistémiquement positive. Leur ambition initiale était de développer, en France, une recherche ciblée sur des thèmes de recherche pré-définis. Comme le rappelle Guthleben, la stratégie adoptée consistait à

définir d'abord les thèmes de recherche, puis recevoir les candidatures des laboratoires soucieux d'y participer : « si vous avez envie de travailler sur ce thème, on vous aidera ». Surtout, ces thèmes sont désormais retenus selon leur degré de corrélation avec les grandes orientations de l'économie française (Guthleben, 2009, p. 164).

Les ATP s'inscrivent donc très clairement dans une démarche de recherche orientée et se conçoivent explicitement en contraste avec la recherche « de base ». Le *Courrier du CNRS*, en date de juillet 1971, présente ainsi les ATP de la manière suivante :

les axes de recherche que le CNRS a défini dans tous les secteurs, à l'occasion du VI^e Plan, s'ils ne doivent nullement exclure le maintien d'une recherche de base, présentent néanmoins une grande utilité : ils permettent notamment d'orienter les travaux vers les sujets qui semblent présenter le plus d'intérêt, soit du fait de leur actualité, soit en raison de leur caractère encore inexploré, soit à cause de la fécondité qu'on leur suppose, soit encore parce que les laboratoires français se trouvent placés dans ces domaines en position d'excellence sur le plan international. Les axes de recherche ainsi privilégiés auraient toutefois risqué de n'être pas opérationnels, si un mode d'intervention particulier n'avait pas été associé à cette réflexion. Les actions thématiques programmées sont donc l'instrument principal de leur mise en œuvre. Elles constituent en effet une marge de manœuvre, grâce à laquelle le CNRS peut, une fois assumées les charges courantes d'entretien des laboratoires et de soutien des formations scientifiques de qualité, engager une action encore plus volontariste et délibérément sélective, là où elle semble devoir être féconde (cité par Guthleben, 2009, p. 164).

Guthleben nous rappelle la trajectoire d'une des premières ATP, qui portait sur « les propriétés mécaniques des solides », selon un objectif fixé, à l'échelle nationale, par le VI^e Plan (*Ibid.*, p. 166). D'abord adressé aux physiciens et aux mécaniciens, ce projet s'est rapidement étendu aux géologues, qui s'y sont associés après avoir reconnu la parenté entre les problèmes de déformation naturelle dont ils traitent et les travaux des physiciens métallurgistes. Petit à petit, l'ATP originelle a financé des recherches portant sur un grand nombre de matériaux naturels, avec comme objectif de « voir si les phénomènes de déformation des métaux constatés lors des expériences en laboratoire peuvent également être observés sur d'autres matériaux dans la nature » (*Ibid.*, p. 166). Finalement,

« outre les colloques communs, un traité sur l'application des méthodes de la métallurgie physique aux problèmes de déformation naturelle des roches est également rédigé à quatre mains, celles d'un physicien et celles d'un géologue. Ainsi, lorsque l'ATP « propriétés mécaniques des solides » prend fin, en 1977, au terme de son contrat, une dynamique a été lancée qui ne s'arrêtera plus » (*Ibid.*, p. 166). Ce qui permet à Guthleben de conclure que « seule la souplesse de la structure des ATP a permis ce rapprochement surprenant ». Le point important est que la mise en œuvre de ces ATP implique typiquement une forme de pilotage par orientation, basé sur un thème incitatif. Le CNRS considère alors des contributions venant de champs en apparence éloignés les uns des autres (dans l'exemple présenté : physique, mécanique, géologie). Ici, on voit bien comment l'orientation est susceptible d'avoir une influence positive au niveau épistémique : elle a généré de nouvelles questions de recherche, faisant naître des collaborations fructueuses entre des équipes initialement isolées. Les modifications des objectifs de l'ATP portant sur « les propriétés mécaniques des solides » constituent un marqueur fort de cette dynamique. D'abord dédiée à l'étude de matériaux notamment utilisés en métallurgie, cette ATP s'est ensuite proposée d'établir des parallèles entre le comportement des métaux et celui de matériaux naturels. Comme le note le comité d'éthique du CNRS, cette ATP a donc permis la création d'interfaces nouvelles – c'est-à-dire, de problèmes de recherche nouveaux. C'est bien la démarche d'orientation qui a motivé ces collaborations. Bien sûr, cela ne montre pas que les résultats de l'ATP n'auraient jamais pu être obtenus sans une instance assurant cette orientation. Cependant, il est clair que dans ce cas particulier, la formulation d'un thème de recherche incitatif par une instance capable d'analyser conjointement des contributions provenant de champs distincts a permis d'identifier (ou d'accélérer l'identification de) certains problèmes centraux dont le traitement a rendu possibles des progressions notables dans différents champs disciplinaires. En d'autres termes, ce pilotage a joué positivement sur la fécondité épistémique (c'est-à-dire, sur l'identification de problèmes authentiques) de la recherche. Ce type d'exemple est sans aucun doute précieux pour guider la formulation de conditions optimales de pilotage. Notons simplement, à ce stade, qu'un des éléments clés du succès de cet ATP semble avoir été sa souplesse dans le pilotage. Les objectifs incitatifs ont en effet été progressivement modifiés, afin de suivre l'émergence des questions nouvelles se posant aux chercheurs. Nous préciserons ce point dans les chapitres suivants.

X.2.1.2 Orientation et « hypothesis-driven research » : le cas du NIH

Une seconde tendance à l'orientation, liée au financement sur projets, a été récemment identifiée dans le privilège accordé à « la recherche conduite par hypothèses » (*hypothesis-driven research*)

dans la sélection des projets financés (O'Malley *et al.*, 2009 ; Haufe, 2013). Les études en question s'appuient notamment sur les processus d'allocation de bourses de recherche par les agences américaines (NIH, NSF) et anglaises (Biotechnologies and Biological Sciences Research Council, BBSRC). O'Malley *et al.* (2009) se réfèrent ainsi aux consignes offertes aux candidats par le NIH¹⁹² et notent que cette agence explicite ainsi ses attentes :

Une demande de bourse convaincante est conduite par une hypothèse forte et solide, avec des objectifs de recherche clairs. Les objectifs intermédiaires devant être présentés constituent une formalisation des étapes et bornes du projet de recherche visant à tester ces hypothèses (...). Une bourse R01 typique ayant des chances d'être acceptée a en son cœur une hypothèse testable dans un champ de haut intérêt (extrait du guide des candidats du NIH, cité par O'Malley *et al.*, 2009, p. 612).

Comme le précise Haufe (2013), ces bourses R01, qui constituent les bourses standards de recherche au NIH, tendront à être évaluées positivement si elles remplissent trois conditions : « premièrement, qu'elles formulent une hypothèse à tester ; deuxièmement, qu'elles spécifient la manière de la tester ; et troisièmement, que l'hypothèse en question soit de haute priorité pour la communauté scientifique » (p. 365). Ces consignes de demande de financement se retrouvent de manière plus claires encore dans les recommandations du *National Institute for Allergy and Infectious Diseases*(NIAID)¹⁹³, affirmant que :

La plupart des meilleurs demandes de bourse sont conduites par des hypothèses fortes. Les demandes doivent répondre à des questions contribuant à confirmer ou informer une hypothèse plutôt que de tenter de résoudre un problème ou simplement collecter des informations. Pensez que votre hypothèse doit être la base de votre demande – la fondation conceptuelle sur laquelle toute la structure doit s'élever (extrait du site du NIAID, cité par Haufe, 2013, p. 365).

Dans le même esprit, la NSF (National Science Fondation) considère explicitement la mise à l'épreuve d'une hypothèse (*hypothesis testing*) comme « le modèle standard de l'approche classique menée par la recherche scientifique, au sein de laquelle une hypothèse est formulée avant de réaliser une expérience pour éprouver sa pertinence¹⁹⁴ » (cité par O'Malley *et al.*, 2009, p. 613 et Haufe, 2013, p. 365). Les modalités d'évaluation (dans le cas du NIH) mettent alors en avant l'impact global (*Overall Impact*) du projet, censé « refléter la probabilité du projet d'exercer une influence

¹⁹²http://grants.nih.gov/grants/writing_application.htm (consulté le 2 septembre 2018).

¹⁹³Voir les recommandations sur <http://www.niaid.nih.gov/ncn/grants/cycle/part02.htm> (consulté le 2 septembre 2018).

¹⁹⁴<http://www.nsf.gov/pubs/2002/nsf02057/> (consulté le 2 septembre 2018).

importante sur les champs de recherche impliqués » (guide des évaluateurs du NIH¹⁹⁵, cité par Haufe (2013), p. 366-367). L'estimation de cet impact global doit donc considérer à la fois la probabilité de succès (liée à l'approche choisie, à l'environnement et au chercheur lui-même) et l'intérêt du projet (au sens de Kitcher, sa signification). Comme le rapporte Haufe (2013), le premier critère privilégie la valeur des scientifiques impliqués, estimée sur la base de leurs réalisations passées et de la pertinence des collaborations proposées¹⁹⁶, l'environnement scientifique, ainsi que l'adaptation des moyens aux fins fixées¹⁹⁷. Le second critère évalue l'importance du problème que le projet se propose de résoudre dans le champ concerné¹⁹⁸. Les analyses que mène Haufe (2013) lui servent alors à montrer qu'étant données ces exigences explicites, les projets ayant le plus de chances de se voir attribuer un financement sont précisément ceux proposant l'évaluation d'une hypothèse, par opposition, nous le verrons dans la suite, aux projets focalisés sur l'amélioration d'une technique, la collecte de données, la mise au point d'un protocole. En effet, les projets proposant l'évaluation d'une hypothèse sont tout simplement *les plus simples* à noter par les pairs dans ces conditions. Les critères utilisés pour « détecter la bonne science » favorisent donc systématiquement les recherches se présentant sous la forme de tests d'hypothèses (p. 363).

La principale critique adressée alors à cette focalisation sur la mise à l'épreuve d'une hypothèse dans l'évaluation des demandes de financement est qu'elle ne reflète pas la pluralité et la complexité des pratiques scientifiques réelles. En particulier, O'Malley *et al.* (2009) associent cette tendance à une « philosophie du financement » recyclant naïvement une vision traditionnelle, qu'ils attribuent à

¹⁹⁵<http://grants.nih.gov/grants/guide/notice-files/not-od-09-025.html> (consulté le 2 septembre 2018).

¹⁹⁶Le document d'orientation de l'évaluation par les pairs (*peer-review orientation*) formule ces éléments en demandant aux évaluateurs de se poser les questions suivantes : « Est-ce que les *Principal Investigators*, les collaborateurs et leur autres chercheurs sont bien compétents pour mener ce projet ? S'ils sont novices dans ce domaine, ont-ils une expérience appropriée ? S'ils sont confirmés, peuvent-ils faire montre d'accomplissements passés ayant fait avancer leurs champs ? Si le projet est collaboratif, est-ce que les chercheurs ont une expertise complémentaire ? Est-ce que la structure organisationnelle qu'ils proposent est appropriée pour ce projet ? » (cité par Haufe, 2013, p. 367).

¹⁹⁷Ce même document oriente ainsi l'évaluation : « Est-ce que la stratégie d'ensemble, la méthodologie, les analyses sont appropriées pour accomplir les objectifs spécifiques du projet ? Est-ce que les problèmes potentiels, les stratégies alternatives pour atteindre le succès sont présentés ? Si le projet est dans un stade précoce de développement, est-ce que la stratégie proposée établit sa faisabilité et les risques majeurs sont-ils susceptibles d'être gérés ? » (cité par Haufe, 2013, p. 367).

¹⁹⁸Les évaluateurs sont ici invités à se pencher sur les questions suivantes « Est-ce que le projet considéré s'intéresse à un problème ou à un obstacle important aux progrès des connaissances dans ce champ ? Si les objectifs du projet sont réalisés, comment le savoir scientifique, les capacités techniques, ou la pratique clinique seront améliorés ? Comment l'accomplissement de ces objectifs changera les concepts, méthodes, technologies, traitements, services utilisés dans ce champ ? » (cité par Haufe, 2013, p. 367).

Popper (1963), selon laquelle « la mise à l'épreuve d'une hypothèse est le cœur même de la pratique scientifique et constitue l'activité singulière qui la démarque des activités non scientifiques » (p. 611). Or, notent-t-ils, la plupart des philosophes, historiens et sociologues des sciences s'accordent aujourd'hui pour reconnaître que cette représentation simpliste ne s'applique qu'à des situations très spécifiques et s'avère le plus souvent être la reconstruction *post-hoc* d'une démarche de recherche plus complexe (Glass et Hall, 2008). Les auteurs précisent alors que les pratiques de recherche incluent en réalité « différentes combinaisons de développement technologique, de recherche conduite par question (*question-driven*) et d'exploration de phénomènes » (O'Malley *et al.*, 2009, p. 611). Comme exemple de développements technologiques ne rentrant pas dans le cadre d'une recherche évaluant une hypothèse, ils citent le microscope (p. 611), ainsi que « le développement de la chimie tout au long de son histoire », cette dernière ayant été largement portée par « le développement de nouvelles technologies » (p. 612). La recherche « exploratoire », quant à elle, trouverait une expression typique dans les travaux de Darwin, ayant « passé deux décennies à identifier des régularités dans plusieurs champs de la biologie et à codifier les phénomènes à expliquer dans *L'Origine des espèces* » (p. 612). Prenant des exemples plus récents, O'Malley *et al.* (2009) citent la biologie moléculaire contemporaine, conduisant à « l'accumulation de données à haut-débit » (c'est-à-dire, à la collecte d'une grande quantité de données). Suivant une perspective similaire, Haufe (2013) précise cette notion de recherche « exploratoire » en faisant appel aux travaux de Waters (2007). Ce dernier définit les expériences menées dans le cadre d'une recherche exploratoire comme

non conduites dans le but de tester, développer, ou articuler une théorie ou une hypothèse existante. Pour le dire de manière directe, l'objectif des expériences exploratoires est de produire des résultats significatifs à propos de phénomènes sans faire appel à une théorie de ces phénomènes (...). Ces résultats peuvent être significatifs par rapport à une variété d'objectifs, depuis la manipulation d'un phénomène jusqu'au développement de cadres conceptuels guidant les démarches expérimentales (Waters, 2007, p. 280).

Selon Burian (2007), un exemple contemporain d'une telle recherche exploratoire peut être trouvé dans les pratiques de la biologie moléculaire « post-génomique », insistant sur la collecte en masse de données en dehors de tout test d'hypothèse : le séquençage du génome (projet génome humain), l'identification des ARN interférant et plus généralement, toutes les disciplines « -omiques » (protéomique, génomique, etc.) appartiendraient alors à cette catégorie de la recherche exploratoire. Cette dernière, opposée à une recherche qui serait « directement guidée par les théories actuelles », serait ainsi conduite par « l'espoir que ce qu'elle trouvera sera pertinent pour les projets en cours, ou

pour le lancement de projets ayant pour objectif de résoudre des problèmes sociaux ou scientifiques importants » (Haufe, 2013, p. 366). Bien entendu, il est possible de critiquer la manière dont cette notion de recherche exploratoire est exposée, définie et illustrée. En particulier, les rapports entre la théorie et la recherche exploratoire restent à préciser (Elliott, 2007) ; mais il semble justifié de penser que la pratique scientifique est en effet plus riche et plus hétérogène que ne le laisse croire la focalisation sur les projets construits comme mise à l'épreuve d'une hypothèse. Ce point peut aisément être établi, en première instance, sur la base des analyses que nous avons menées dans les parties précédentes : la mise en évidence des différents niveaux de la pratique scientifique, assortie des nombreux exemples que nous avons proposés pour les illustrer, montrent clairement l'existence d'interactions complexes entre des types d'activités ne se réduisant pas toutes, loin de là, aux recherches mises en avant par les guides de rédaction des demandes de financement analysées dans cette section. Les conséquences épistémiques de ce second type d'orientation seront évaluées plus précisément dans les chapitres suivants. Notons en particulier que l'accent mis sur la recherche par test d'hypothèses est compensé, partiellement, par l'attribution de bourses se voulant plus ouvertes. C'est le cas notamment, comme le relèvent O'Malley *et al.* (2009), des « EARly-concept Grants for Exploratory Research » offerts par la NSF, dans le but de « financer des travaux préliminaires sur des idées nouvelles non testées¹⁹⁹ » (cité par O'Malley *et al.*, 2009, p. 613). Ces bourses représentent cependant une fraction négligeable de l'ensemble des bourses allouées (16 sur 555 en 2009). De même, le NIH, à côté de ses bourses standards R0, propose un programme R21 finançant des projets visant à « caractériser la faisabilité d'un nouveau champ d'investigations ou d'un nouveau système expérimental », ou qui peuvent mener au développement de « nouvelles techniques, méthodologies, modèles ou applications » (cité par O'Malley *et al.*, 2009, p. 613). Ces bourses R21 sont limitées dans le temps (deux ans, contre cinq ans pour les bourses R0) et limitées en quantité de fonds (250 000 dollars, alors que les bourses R0 ne comportent pas de plafond). De manière générale, ces bourses ont pour objectif de promouvoir des voies de recherche à des « stades préliminaires » (p. 613). Le point important est que ces bourses sont explicitement pensées pour compléter « les voies standards de recherche » (p. 613), elles-mêmes conçues, nous l'avons vu, sur le modèle du test d'hypothèse. Il s'agit donc, typiquement, d'une forme d'ajustement visant à construire un équilibre entre les modes dominants de financement et les revendications en faveur d'une forme plus poussée de liberté de recherche. Nous reviendrons plus précisément sur ce point dans la suite de notre analyse.

¹⁹⁹http://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=501093 (consulté le 2 septembre 2018).

L'exemple des plans d'action de l'ANR en France et des programmes du NIH et de la NSF aux États-Unis, nous ont donc permis d'identifier deux formes distinctes de pilotage par orientation liées au financement de la recherche sur projets, ainsi que les effets épistémiques qui leur sont généralement attribués dans la littérature. Le premier oriente explicitement, à différents niveaux, les propositions soumises en indiquant des priorités scientifiques et technologiques. Le second valorise implicitement un type de recherche particulier en mettant l'accent sur le test d'hypothèse (*hypothesis testing*) comme critère de la bonne science. Ces pratiques, bien que dominantes, sont complétées par des programmes visant à atténuer leurs effets estimés en rendant possible une recherche se voulant moins pilotée (programmes blancs de l'ANR, bourses R21 au NIH et EAGER à la NSF). Notre travail a notamment pour objectif d'évaluer la pertinence de ce type d'équilibre. Avant cela, passons au deuxième type de manifestation institutionnelle du pilotage : la centralisation des décisions.

X.2.2 Le pilotage comme centralisation

Un second sens du concept de pilotage insiste sur le processus de mise en *compétition* et de *sélection* des projets. Comme nous l'avons vu, cette dimension du pilotage est associée à la tension entre liberté individuelle et centralisation des décisions, que l'on trouve mise en valeur, classiquement, par Polanyi (1989) [1951], Polanyi (1962) et dans les travaux portant sur la division du travail cognitif. De manière formelle, sera dit *centralisé* un mode de distribution des ressources comparant entre eux un ensemble E de projets en vue d'en sélectionner un sous-groupe e . Ce type de financement correspond au fonctionnement de la plupart des grandes agences de financement de la recherche, en France (ANR), en Angleterre (Research Councils UK), aux États-Unis (NSF, NIH). Bien entendu, la centralisation est une question de degré : il existe, dans ces agences, différentes sections indépendantes, spécialisées dans des domaines distincts. Chacune de ces sous-agences peut avoir, selon les cas, plus ou moins d'autonomie dans la gestion des fonds qui lui sont alloués. La décentralisation du pilotage équivaut ainsi à une multiplication des centres de décision²⁰⁰. À l'extrémité du spectre, on trouverait un champ scientifique (hypothétique) constitué d'individus entièrement libres, dotés d'un financement non conditionnel leur permettant de choisir en toute autonomie les directions de leur recherche. Il est courant de noter que la situation actuelle, particulièrement sélective, s'éloigne

²⁰⁰Bien entendu, la décentralisation n'est jamais totale dans le sens où le budget alloué aux différentes instances de décision est lui-même fixé de manière centralisée.

fortement de cet « état de nature » (Kummerfeld et Zollman, 2016), avec des taux d'acceptation des projets parfois proches de 20% à 10% en Europe comme aux États-Unis (Académie, 2012 ; Fang et Casadevall, 2016).

Comme nous l'avons noté précédemment, cette dimension du pilotage entre en conflit non pas avec l'autonomie du champ scientifique dans son ensemble, mais avec la liberté individuelle des chercheurs : le financement peut en effet être très centralisé tout en étant imperméable à toute orientation externe.

Nous avons pu, au cours de nos analyses, présenter plusieurs types d'arguments critiquant spécifiquement les effets de cette centralisation. L'un des plus classiques, formulé par Polanyi en mobilisant les notions d'ordres monocentrique et polycentrique, repose sur l'idée selon laquelle la centralisation réduit le nombre de centres de décision et ne permet donc pas de faire face de manière efficace à l'imprévisibilité inhérente au processus de recherche : en somme, « l'état de nature scientifique » (Kummerfeld et Zollman, 2016) favoriserait la fécondité épistémique de la science (sa capacité à poser de nouvelles questions de recherche), ainsi que la division du travail cognitif qui en découle. Les arguments bâtis dans la partie 2 nous ont permis de suggérer que les forces d'inertie internes au champ scientifique affaiblissaient fortement cette thèse. Cependant, nos analyses ne constituent évidemment pas un blanc-seing pour toute forme de centralisation : au contraire, elles doivent permettre d'en penser plus précisément les limites.

Une autre famille d'arguments conceptuellement proches des précédents retient du pilotage par centralisation le rôle joué par l'évaluation par les pairs (*peer-review*) dans la mise en compétition et la sélection des projets. Cette dernière est souvent dénoncée comme intrinsèquement *biaisée* et *conservatrice* (Lee, 2015 ; Origi et Ramello, 2015). Outre les biais d'évaluation liés aux individus soumettant les projets²⁰¹, l'une des accusations revenant fréquemment est celle du « particularisme cognitif » (Travis et Collins, 1991), soit le privilège accordé par les évaluateurs aux domaines ou aux types de questions présentant des similarités avec leurs intérêts propres²⁰². En conséquence, « l'évaluation par les pairs anonymes [serait] l'ennemi de la créativité scientifique. Les évaluateurs

²⁰¹Certains auteurs relèvent ainsi l'existence de biais ayant trait au genre ou à l'origine ethnique des candidats. Notons également ici l'existence du classique « effet Matthieu », identifié notamment par Merton (1968) et conduisant à accorder une préférence aux chercheurs ayant déjà des ressources et un certain prestige (Fang et Casadevall, 2016, p. 4).

²⁰²Voir partie 1, chapitre II, p. 110.

privilégient l'orthodoxie (...). Ils préfèrent la sécurité des applications bien avancées à la spéculation, le groupe à l'individu, la mode à la nouveauté » (Gillies, 2014, p. 3-4). Ce point a été défendu de manière plus formel par Boudreau *et al.* (2016), qui se sont intéressés au rôle de la « distance intellectuelle » entre une demande de bourse et les intérêts propres des évaluateurs dans l'attribution des fonds. Leur étude a été réalisée au sein d'une université américaine menant des recherches en médecine. Il y ont recruté 142 scientifiques et leur ont chacun attribué 15 propositions à évaluer, choisies au hasard sur un ensemble de 150 propositions reçues après un appel à projet lancé sur un thème donné (les maladies du système endocrinien). L'analyse des scores donnés par les 2130 paires projet-évaluateur suggère que ce que ce les auteurs définissent comme la distance intellectuelle a un double effet : « les évaluateurs donnent des scores plus bas aux projets très proches de leur propre champ d'expertise et à ceux qui sont très novateurs » (Boudreau *et al.*, 2016, p. 2765). Sans entrer pour le moment dans le détail des interprétations que les auteurs proposent de ces résultats, ainsi que des solutions qu'ils élaborent pour améliorer le processus d'évaluation par les pairs, ces données suggèrent donc que les intérêts propres des évaluateurs peut biaiser de manière significative le mécanisme d'attribution des fonds.

Pour certains auteurs, cette dépendance à l'évaluateur en tant qu'individu introduit une forte *variabilité* dans le processus de revue. Cette variabilité rendrait alors le mécanisme d'évaluation par les pairs très hasardeux. Ce dernier ne serait finalement pas capable d'accomplir sa tâche, à savoir, identifier de manière efficace les projets qui se révéleront, *in fine*, fructueux (Avin, 2018). Par exemple, Graves (2011) a quantifié la variabilité de l'évaluation au sein du National Health and Medical Research Council of Australia et a montré que 59% des projets financés auraient pu ne pas l'être si les panels d'évaluateurs avaient été distincts. Il en déduit que sur une majorité de projets, un facteur aléatoire joue un rôle clé dans l'attribution des financements : le processus d'évaluation par les pairs ne serait donc pas un mécanisme *robuste* pour estimer la valeur d'un projet. D'autres études mettent en évidence cette variabilité de l'évaluation, dans différents systèmes de recherche : au Canada (Mayo *et al.*, 2006), en Australie (Marsh *et al.*, 2008), en Finlande (Fogelholm *et al.*, 2012) ou en France (Abdoul *et al.*, 2012).

Aux États-Unis, l'examen par Fang et Casadevall (2016) de la productivité après financement (mesurée par la quantité de publications) des bourses R01 sélectionnées par le NIH suggère qu'une évaluation aléatoire aurait donnée des résultats équivalents à ceux de issus de l'évaluation par les pairs :

Nous avons analysé le sous-ensemble formé par les 20% de bourses ayant obtenus les meilleurs scores d'évaluation et nous avons trouvé que la capacité prédictive de l'évaluation par les pairs était à peine supérieure au résultat qui aurait été obtenu par une évaluation aléatoire. Les différences dans la productivité moyenne entre des bourses avec de hauts et de bas scores dans ce sous-ensemble sont triviales (Fang et Casadevall, 2016, p. 2).

Autrement dit, l'évaluation par les pairs ne reflète que peu la qualité *ex-post* des projets. Fang et Casadevall (2016) en déduisent une modification possible du système d'allocation des ressources, qui introduirait une certaine dose de « loterie » dans l'attribution des fonds. L'idée est de soumettre un ensemble e de projets préalablement sélectionnés par les évaluateurs (e étant plus large que le sous-ensemble de projets effectivement financés à la fin du processus) à une sélection aléatoire. L'évaluation par les pairs n'aurait ainsi qu'un rôle de premier filtre, la décision finale revenant à un choix à l'aveugle. Cette solution de l'attribution aléatoire pour contrer les effets jugés néfastes de l'évaluation dans un contexte de haute compétition a pu être justifiée et affinée par d'autres auteurs (Brezis, 2007 ; Avin, 2018 ; Graves, 2011 ; Gillies, 2014). Nous analyserons plus en détail la philosophie sous-jacente à ce type de propositions dans la suite de ce travail, mais l'idée générale qu'elles partagent est qu'il faudrait

inclure formellement une certaine dose d'aléatoire dans la sélection des projets. Cela pourrait être fait en permettant aux évaluateurs de classer les demandes en trois catégories : celles qui seront écartées à coup sûr, celles qui seront acceptées à coup sûr et celles dont la pertinence est difficile à évaluer. Pour celles-ci, un élément de sélection aléatoire pourrait être introduit (Graves, 2011, p. 4).

D'autres solutions ont récemment été proposées pour répondre à l'insatisfaction croissante des scientifiques vis-à-vis des modalités de la sélection des projets *via* l'évaluation par les pairs : améliorer la composition (statistique et individuelle) des panels d'évaluateurs (Johnson, 2008 ; Marsh *et al.*, 2008) ; gérer collectivement les fonds au sein des communautés scientifiques (Bollen *et al.*, 2014 ; Germain, 2015) ; ou encore distribuer de manière égalitaire les fonds aux chercheurs expérimentés (Gordon et Poulin, 2009 ; Ioannidis, 2011 ; Vaesen et Katzav, 2017). Le point de départ de toutes ces analyses est le même : le coût, financier et en termes d'heures de travail, de l'évaluation par les pairs est trop élevé au regard de sa pertinence épistémique. Un élément important à relever est que toutes ces propositions se veulent être une réponse à la fois à l'imprévisibilité inhérente au processus de recherche (rendant difficile, dans tous les cas, l'estimation *ex-ante* de la valeur d'un projet) et aux biais propres à l'évaluation par les pairs – en premier lieu, la variabilité des décisions et la tendance générale à favoriser les projets peu risqués au regard des pratiques existantes. Il sera

donc nécessaire d'évaluer leur pertinence au regard des contraintes épistémiques identifiées dans ce travail et des conditions de pilotage qui en découlent.

Notons que ce contexte de forte mise en compétition des projets tend naturellement à accentuer les effets souvent associés au pilotage par orientation de la science (présenté dans la section précédente). Si l'attribution des bourses est très sélective, le respect des critères d'évaluation est en effet d'autant plus pressant. Dans ce cadre, le pilotage par orientation (orientation par la formulation de priorités de recherche ou privilèges donnés au test d'hypothèses) voit ses conséquences se faire plus visibles encore : pour Velarde (2018), la compétition accrue ces dernières années constituerait ainsi l'une des causes des modifications observées dans les techniques de demande de financement. Le résultat en serait alors une importance croissante donnée à l'obtention rapide de succès (de résultats satisfaisant les objectifs fixés au départ) et la publication de résultats exclusivement positifs – effets souvent cités dans les prises de parole publiques de certains scientifiques (voir chapitre I) et plus formellement relevés dans de nombreux rapports se penchant sur l'organisation de la recherche et l'adaptation des scientifiques aux nouveaux modes de financement de la recherche (Comets, 2010 ; Académie, 2012 ; Corvol, 2016). Cette mise en compétition des chercheurs au travers du pilotage par centralisation est donc susceptible d'avoir des effets importants sur la manière dont sont produits et publiés les résultats scientifiques. Il est ainsi possible de défendre l'idée selon laquelle les critiques souvent adressées aux modalités de dissémination des résultats (politiques éditoriales, course à la publication) trouvent leur sens dans une remise en cause plus globale de la manière dont la science est évaluée, financée et récompensée (Steneck, 2011, cité par Corvol, 2016, p. 39).

X.2.3 Le pilotage comme externalisation

Le financement sur projets de la recherche, en impliquant un pilotage par orientation et par centralisation, rend également possible un pilotage par des « facteurs sociaux externes » (Viola, 2015, p. 9). En effet, l'action d'orientation et de sélection des agences de financement tend à être, spontanément, perméable aux enjeux économiques, politiques, sociaux au sens large. Les plans d'action de l'ANR, que nous avons évoqués précédemment, sont ainsi organisés autour de priorités typiquement informées par des questions soulevées en dehors du champ scientifique : adaptation au changement climatique, renouveau industriel, transports urbains, etc. Comment se manifeste, plus précisément, cette externalisation (partielle) des décisions concernant le financement de la recherche

publique ?

X.2.3.1 À l'échelle européenne : la stratégie de Lisbonne et « l'économie de la connaissance »

Plusieurs textes de référence, que nous avons déjà cités, définissent les grandes lignes de la politique de recherche à l'échelle européenne. Citons ici, parmi les rapports ayant fait date, celui publié par la Commission Européenne en 1997 et intitulé *Society, the Endless Frontier*, en réponse au texte classique de Bush, *Science, the Endless Frontier* (Caracostas et Muldur, 1997). L'idée majeure qu'il véhicule est que « la recherche et l'innovation ne sont plus des buts en soi mais doivent répondre à la "demande sociale" et se déployer en interaction étroite avec les acteurs socio-économiques » (Comets, 2010, p. 12). Cette vision est reprise et formulée dans le cadre de la « stratégie de Lisbonne » (Bruno, 2008), programme adopté par la Commission Européenne en vue de faire de l'Europe « l'économie de la connaissance la plus compétitive et la plus dynamique²⁰³ ».

Les conséquences de ce virage stratégique sur les modes de financement de la recherche publique en Europe sont nombreuses. Comme le note Isabelle Bruno, au sein de l'espace européen de la recherche (EER), « le but ultime de la recherche publique n'est plus simplement de produire des connaissances scientifiques, mais aussi de promouvoir l'exploitation concrète des avancées qu'elles génèrent. Or, ajoute-t-elle, « cette exploitation, dans une économie de marché, a une dimension intrinsèquement économique » (Bruno, 2008, p. 37). En conséquence, la mise en compétition, en concurrence, des équipes de recherche à l'échelle européenne devient « le premier principe de la recherche » (*Ibid.*, p. 19). Dans ce cadre, des outils d'évaluation de la productivité des chercheurs sont développés, afin « d'insuffler aux chercheurs l'esprit d'entreprise » (*Ibid.*, p. 11). Corrélativement, les relations entre les chercheurs ne sont plus pensées sur le modèle d'une « association de pairs, mais d'une société des émules », induisant une « mise en compétition des systèmes nationaux de recherche et d'éducation » (p. 239). Le défi est ainsi devenu celui de l'optimisation de l'efficacité des politiques de R&D, comme l'annoncent deux rapports de l'OCDE publiés en 1996²⁰⁴ et 1999²⁰⁵. L'activité de recherche doit « viser à produire des résultats effectifs et tangibles (*effectiveness*) ; elle doit être pertinente (*efficacy*) et enfin elle doit être rentable (*efficiency*) » (Comets, 2010, p. 12).

²⁰³ Conclusion du conseil européen de Lisbonne, disponible sur http://www.europarl.europa.eu/summits/lis1_en.htm (consulté le 2 septembre 2018).

²⁰⁴ <http://www.oecd.org/fr/science/sci-tech/1913029.pdf> (consulté le 2 septembre 2018).

²⁰⁵ http://read.oecd-ilibrary.org/education/societe-du-savoir-et-gestion-des-connaissances_9789264281042-fr#page1 (consulté le 2 septembre 2018).

Ce souci d'optimisation a conditionné la montée en puissance d'une *économie de la science* comme discipline s'attachant à conseiller les politiques de recherche, notamment à travers l'élaboration d'outils scientométriques censés évaluer la productivité de la science, en particulier dans ses apports en termes de développement et d'innovation (Callon et Foray, 1997). Une conséquence souvent citée en serait une augmentation du contrôle politique et économique sur « la conduite et le contenu de la recherche » (Gläser et Velarde, 2018, p. 2). En particulier, la sphère politique, par le truchement des agences de financement, tend à incorporer des objectifs de politiques publics dans les programmes de recherche (Furman *et al.*, 2012). Elle introduit également des incitations à collaborer avec l'industrie et à déposer des brevets (Swan *et al.*, 2010).

X.2.3.2 Le cas de la France : élaboration et mise en œuvre de la stratégie nationale de recherche

Sans entrer dans le détail des dispositifs mis en place à l'échelle européenne pour définir, développer et évaluer cette économie de la connaissance²⁰⁶, examinons un peu plus en détail comment se met en place cette externalisation partielle du pilotage, à l'échelle de la France et de l'Europe, dans l'élaboration des politiques de recherche publique. Considérons tout d'abord, en guise d'exemple, la construction de la stratégie nationale de recherche (SNR) en France, servant de fondation aux plans d'action de l'ANR. Si l'on se réfère au site internet qui lui est dédié, l'objectif de la SNR est « d'identifier un nombre limité de priorités scientifiques et technologiques permettant de répondre aux défis majeurs des prochaines décennies²⁰⁷ ». L'élaboration de la SNR, décidée par la loi du 22 juillet 2013, se fait explicitement « en concertation avec la communauté scientifique et universitaire et le monde socio-économique ». Elle a en outre vocation à être révisée tous les cinq ans et sa mise en œuvre est assurée par l'établissement de contrats avec les acteurs de la recherche publique : universités, ANR et les autres agences de financement public. Quel est le processus d'élaboration et de révision de cette SNR ? Officiellement, la stratégie initiée en 2013 s'est construite en trois phases : « une analyse de l'existant, l'identification des priorités stratégiques et la finalisation²⁰⁸ ».

²⁰⁶Outre les rapports de l'OCDE sur le sujet que nous avons déjà cités, une riche littérature existe faisant le point sur les différents visages de cette économie de la connaissance et les outils mobilisés par la stratégie de Lisbonne (voir, par exemple, Foray, 2009).

²⁰⁷<http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid78720/la-strategie-nationale-de-la-recherche-definit-les-grandes-priorites-de-la-recherche-francaise.html> (consulté le 2 septembre 2018).

²⁰⁸<http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid78747/processus-d-elaboration-de-la-strategie-nationale-de-recherche.html> (consulté le 2 septembre 2018).

La première phase s'est appuyée sur les stratégies de recherche proposées par les différents organismes scientifiques, sur la base de l'état des connaissances scientifiques, sur les stratégies nationales existant dans les pays partenaires (Allemagne, Royaume-Uni, États-Unis, Japon, Corée du Sud et Suède), ainsi que sur les stratégies élaborées dans les autres ministères (plans de « reconquête industrielle », plan Lauvergeon pour « une France innovante en 2020 »). Cette première phase d'état de l'art est menée en concertation avec un grand nombre d'acteurs, réunis en un Comité Opérationnel (ComOp)²⁰⁹ incluant :

- les ministères concernés par la recherche : défense, industrie, santé, agriculture, affaires étrangères.

- des représentants du monde académique et scientifique : alliances ATHENA (Alliances thématiques nationales des sciences humaines et sociales), ALLISTENE (Alliance des sciences et technologies du numérique), ANCRE (Alliance nationale de coordination pour la recherche sur l'énergie), ALLENI (Alliance nationale de recherche pour l'environnement), AVIESAN (Alliance pour les sciences de la vie et de la santé).

Ces alliances ont pour objectif de coordonner la recherche dans leurs domaines respectifs et d'élaborer une politique de recherche cohérente. Elles sont généralement constituées d'un comité de scientifiques spécialistes dont le rôle est d'émettre des recommandations sur les grandes priorités de la recherche. À ces cinq alliances, se joignent des représentants du CNRS, du CEA, de l'ANR, des conférences des universités et des grandes écoles.

- des représentants du monde de l'entreprise et des associations.

Ce comité opérationnel a ainsi défini dix grands défis sociétaux : « Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique », « Stimuler le renouveau industriel », « Sécurité alimentaire et défi démographique », etc. Pour chacun de ces dix défis, un « atelier de travail » a eu alors pour tâche d'« identifier quelques priorités scientifiques et technologiques par défi, en tenant compte des

²⁰⁹<http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid78747/processus-d-elaboration-de-la-strategie-nationale-de-recherche.html> (consulté le 2 septembre 2018).

verrous scientifiques et technologiques et des sauts qualitatifs à initier²¹⁰ » (phase 2). Ces ateliers ont réunis près de 400 experts (provenant des établissements publics à caractères scientifiques et technologiques, des ministères impliqués dans le ComOp et du monde de l'entreprise). Leur rôle était de structurer les grands défis identifiés en assurant une forme de synchronisation avec les résultats scientifiques et techniques (sur la base des rapports du CNRS et des 5 Alliances) et les stratégies existant à l'échelle européenne (Horizon 2020) et mondiale. Il s'agissait finalement de mettre au jour trois à cinq priorités par défi, qui soient adaptées au contexte scientifique, économique et social, de manière à optimiser les retombées possibles de l'investissement public.

Ces deux premières phases ont abouti à la rédaction d'un document de référence, transmis (avril 2014) pour une double consultation. La première a consisté en une « consultation publique », menée sur internet du 10 avril au 23 mai 2014 et impliquant « la communauté scientifique et universitaire, les partenaires sociaux et économiques et des représentants des associations et fondations, les ministères concernés et les collectivités territoriales, en particulier les régions ». Dans un second temps, les conclusions des travaux du ComOp ont été transmis au Conseil Stratégique de la Recherche (CSR). La CSR est présidé par le ministre chargé de la recherche et composé de 23 « personnalités scientifiques de haut niveau » et de 3 élus (un député, un sénateur et un représentant de l'Association des régions de France). Le CSR entérine finalement la version définitive de la « Stratégie nationale de recherche France-Europe 2020²¹¹ ». Analysons un exemple pour préciser son contenu : le défi « Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique » se déploie en cinq orientations prioritaires :

- Orientation 1 : **suivi intelligent du système terre**. Il s'agit ici d'orienter la recherche vers la mise en œuvre de dispositifs (capteurs, infrastructures, etc.) pour suivre différents paramètres physiques du système terre (données climatiques, environnementales).

- Orientation 2 : **Gestion durable des ressources naturelles**. L'objectif ici est de mener des analyses coûts-bénéfice de l'exploitation des ressources, intégrant les effets sur l'emploi, la santé,

²¹⁰<http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid78747/processus-d-elaboration-de-la-strategie-nationale-de-recherche.html> (consulté le 2 septembre 2018).

²¹¹Disponible sur http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/Strategie_Recherche/26/9/strategie_nationale_recherche_397269.pdf (consulté le 2 septembre 2018).

l'environnement, la biodiversité. L'un des enjeux est notamment la constitution d'un inventaire national des ressources minéralogiques et énergétiques.

- Orientation 3 : **Évaluation et maîtrise du risque climatique et environnemental**. Cet axe insiste sur la compréhension des aléas climatiques, en intégrant le couplage des risques naturels, technologiques et industriels. Il s'agit également de mettre l'accent sur l'adaptabilité des écosystèmes aux modifications de l'environnement.

- Orientation 4 : **Éco- et biotechnologies pour accompagner la transition écologique**. Ce thème incitatif doit encourager le développement d'industries à faible impact environnemental, utilisant peu de ressources et manifestant une plus grande efficacité productive.

- Orientation 5 : **Le « laboratoire » littoral**. Ce dernier axe se concentre sur l'étude du littoral, comme espace où convergent de nombreux risques d'origine naturelle ou anthropique, liées aux ressources biologique et du sous-sol, à l'aménagement urbain, à la préservation du patrimoine naturel, etc. L'un des objectifs est d'améliorer notre compréhension du continuum terre-mer, par la collecte de données et la construction d'outils de modélisation.

Ces priorités sont élaborées, au sein du ComPol, puis du CSR, de manière à refléter le contexte scientifique, social et économique dans lequel s'insère le « défi » en question. Elles sont ensuite implémentées par les différentes agences de financement public de la recherche, notamment l'ANR, selon les modalités présentées précédemment. Ces dernières passent par l'élaboration d'un plan d'action, précisant les recherches à mener pour répondre aux priorités énoncées par la SNR et par la constitution de comités d'évaluation scientifique correspondant aux thèmes à traiter. Pour compléter l'exemple du défi « gestion sobre des ressources », rappelons que le plan d'action définit ainsi les axes suivants : « connaissances fondamentales sur les milieux naturels et la biodiversité » et « innovations scientifiques et technologiques pour accompagner la transition énergétique ». Les CES correspondants précisent encore le périmètre des appels à projets (voir section X.2.1). Plusieurs remarques peuvent être faites à ce stade.

Tout d'abord, les priorités de la SNR sont élaborées (pour 5 ans) en cohérence avec les partenaires européens de la France et les priorités du programme cadre Horizon 2020, comme y insiste le

rapport du CSR sur la stratégie nationale de recherche²¹². Ce dernier rapport met ainsi en lumière des « convergences stratégiques marquées » avec les systèmes de recherche européens et internationaux. Nous reviendrons sur ce point dans la section suivante.

Deuxièmement, la SNR (stratégie nationale de recherche) vise à concilier les enjeux externes (économiques, politiques, sociaux) et l'état de développement des connaissances dans les champs disciplinaires de la science académique. Au niveau institutionnel, cette intégration se manifeste par une collaboration, au sein du ComPol, entre les ministères, les instances scientifiques (5 Alliances, CNRS, universités) et les représentants du monde économique. Il est bien évidemment délicat de décrire la manière dont les 10 défis de la SNR ont émergé de ces collaborations : quels rôles respectifs ont joué chacun des acteurs ? En particulier, les défis ont-ils d'abord été définis sur la base de l'état des connaissances disciplinaires, ou des besoins externes ? Étant donnée la manière dont les défis sont présentés au sein du rapport du CSR, il semble bien que la structure première de la SNR soit issue de l'identification de questions reconnues comme importantes à l'extérieur du champ scientifique (réchauffement climatique, gestion des ressources, transports urbains, etc.). Dans un second temps, ces défis sont mis au regard des connaissances, des équipes de recherche et des collaborations scientifiques existantes. Le rapport du CSR présente ainsi les priorités ayant émergé des phases 1 et 2 de l'élaboration de la SNR (ateliers de travail) de la manière (type) suivante : (i) justification du défi par ses implications politiques, sociales et économiques ; (ii) traduction en termes de thèmes de recherche, sur la base de la dynamique de recherche existante (disciplines, spécialités, équipes) ; (iii) présentation des grandes orientations prioritaires ; (iv) éventuellement, atouts de la France (qualité des équipes existantes, positionnement en Europe) pour mener la recherche sur ces thématiques. Ce mouvement d'intégration des enjeux externes au contexte scientifique est complété par la formulation du plan d'action de l'ANR, traduisant les orientations de la SNR en *axes de recherche*, puis en *périmètres de recherche* définis pour chaque comité d'évaluation scientifique. Finalement, les appels à projets génériques auxquels sont invités à répondre les scientifiques sont initialement orientés de manière externe : les grands « défis » sont définis en fonction de leur impact politique, social ou économique. À partir de ces défis, sont formulées des priorités de recherche, mêlant la logique interne des disciplines et des intérêts externes.

²¹²http://www.gouvernement.fr/sites/default/files/contenu/piece-jointe/2015/11/rapport_strategie_nationale_de_recherche_snr.pdf (consulté le 2 septembre 2018).

Un troisième élément mérite d'être relevé : l'élaboration de la SNR est le fruit d'une collaboration entre certains ministères, les instances scientifiques et les acteurs économiques. En d'autres termes, l'identification des priorités définissant la politique de recherche semble être avant tout un travail d'experts. En particulier, à aucun moment les populations ne sont directement appelées à se prononcer. Or il existe, nous l'avons vu, des revendications croissantes en faveur d'une plus grande implication des citoyens dans l'élaboration des politiques scientifiques (Kitcher, 2010 [2001]; Debailly, 2015). Cet appel à une forme de démocratisation du pilotage de la recherche constitue un autre type d'externalisation, qui passerait par une participation des publics à l'élaboration des programmes de recherche. Dans la section suivante, nous présentons quelques contributions théoriques proposant des modèles de démocratisation ainsi que des mises en œuvre pratiques de cette forme d'externalisation du pilotage.

X.2.3.3 Externalisation et démocratisation

Notre objectif ici n'est pas de présenter des arguments *pro* ou *contra* une forme ou une autre d'ouverture à la démocratie du pilotage de la recherche, ni même de dresser un panorama exhaustif des propositions ayant pu être faites dans ce sens. Bien qu'un tel projet excède assurément le cadre que nous nous sommes fixés, il nous semble cependant important, pour bien situer les formes possibles de pilotage externe, de présenter quelques tentatives prenant au sérieux, en tant qu'injonction éthique et politique, un principe de participation des populations aux choix scientifiques et techniques. Nous pourrions, dans un second temps, en évaluer la pertinence *épistémique* à l'aune de nos conditions de pilotage. Une des contributions majeures, ces dernières années, dans la réflexion philosophique sur les modalités *idéales* d'ouverture à la démocratie du pilotage de la recherche et de l'innovation est celle de Kitcher (2010) [2001]. Nous avons déjà cité ces travaux à plusieurs reprises dans la présente étude ; il s'agit dans cette section d'entrer dans le détail de son modèle de « science bien ordonnée », de manière à éclairer la notion de pilotage externe *démocratique*. Nous nous pencherons ensuite sur deux programmes européens, implémentés dans le cadre du projet « Science with and for Society » de l'Horizon 2020 (CIVISTI et CIMULACT), constituant des tentatives d'ouverture en acte du pilotage de la recherche aux citoyens.

L'objectif avoué de Kitcher est de proposer une « théorie de la place de la science dans une société démocratique – ou, si l'on préfère, de la manière dont laquelle un système public de connaissance

devrait être structuré pour servir les idéaux démocratiques » (Kitcher, 2011, p. 25-26). Comme nous l'avons noté dans le chapitre II (p. 123), l'une des intuitions centrales guidant l'élaboration de son modèle est l'idée selon laquelle « les sciences visent assurément à découvrir des vérités significatives (*significant truths*) ». Dans ce cadre, la science ne cherche pas simplement des vérités en général, mais des vérités jugées intéressantes dans un contexte donné. Kitcher utilise, pour illustrer cette conception qu'il associe à une forme de « réalisme modeste », une analogie cartographique. Considérer que le but de la science est de produire une image complète du monde est aussi absurde que de supposer que l'objectif ultime de la cartographie est de produire un atlas idéal (Kitcher, 2010 [2001], p. 60). Un tel atlas censé représenter fidèlement l'ensemble de la réalité serait impossible à produire et surtout, inutilisable. Une activité plus pertinente consiste à construire des cartes adaptées à des besoins spécifiques. Kitcher prend ici l'exemple de trois types de cartes d'un même espace : une carte topographique, une carte électorale et une carte des lignes de métro. Cette métaphore géographique lui permet alors d'illustrer l'idée selon laquelle la notion de vérité doit être remplacée par celle de *vérité significative*. Cette dernière « doit être comprise dans le contexte d'un groupe particulier avec des intérêts particuliers et une histoire particulière » (Kitcher, 2010 [2001], p. 61). Cette assertion ne nous fait pas tomber pour autant dans un constructivisme sommaire. Comme Kitcher le dit lui-même, « l'explication objective reste possible dans les sciences, mais toujours sur le fond de nos questions et de nos intérêts » (Kitcher, 2010 [2001], p. 75-76). En plaçant ainsi au centre de l'enquête cette notion de signification, Kitcher pose la question cruciale de savoir comment sont et peuvent être déterminés « les champs de recherche considérés comme importants, intéressants, ou méritant notre attention » (Brown, 2010, p. 132). On voit ici poindre les préoccupations de Kitcher quant à la gouvernance de la science : qui doit décider et comment, de ce qui est significatif ? Pour répondre à cette question, il est central pour le philosophe de proposer une théorie de la signification scientifique qui soit à la fois satisfaisante sur le plan descriptif et utile sur le plan normatif.

La théorie kitchérienne de la signification scientifique repose sur sa notion de « graphe de signification ». L'hypothèse qui lui sert alors de guide est la suivante : « dans beaucoup de cas, mais pas dans tous cependant, les intérêts épistémiques et pratiques sont entremêlés ». Ainsi, nous serions à la fois naturellement intéressés par des questions larges (comme « quels sont nos ancêtres hominidés ? » et « comment les cellules d'un organisme régulent-elles leur métabolisme ? » (Kitcher, 2010 [2001], p. 76) et par des problèmes concrets liés au souci de l'utile. En conséquence, chaque projet de recherche est susceptible de recevoir une part de signification provenant d'une certaine forme de

curiosité naturelle et de ses possibles débouchés pratiques. Il est donc théoriquement possible de tracer des graphes montrant les « connexions qui confèrent de la signification » à différents projets, questions, problèmes, techniques... Kitcher illustre ce point à travers l'exemple de la brebis Dolly, qu'il place au centre d'intérêts cognitifs (compréhension de la différenciation cellulaire) et pratiques (amélioration du cheptel). Bien entendu, ce même graphe aurait pu être tracé différemment :

Nous pouvons adopter, au sujet des graphes de signification une perspective centrée sur un domaine, qui montre comment la signification est transmise au sein d'un champ particulier de recherche, par exemple en considérant Dolly uniquement du point de vue de la biologie du développement. Nous pouvons aussi adopter une perspective centrée sur un item, qui examine toutes les façons pour un nœud particulier d'acquérir de la signification scientifique, par exemple le nœud désignant Dolly (Kitcher, 2010 [2001], p. 123).

Enfin, les graphes de signification sont « simplement une manière d'illustrer la manière dont certaines questions héritent leur signification d'autres questions » (Magnus, 2008, p. 3).

L'élaboration de ces graphes de signification doit alors, pour Kitcher, s'inscrire dans une démarche plus globale visant à proposer une définition des politiques de recherche répondant de manière *juste* à la demande sociale. Le modèle de « science bien ordonnée » articule ainsi plusieurs étapes. La procédure proposée par Kitcher passe par une première phase de délibération idéale au sein d'un panel de citoyens censés représenter, en termes d'intérêts poursuivis, l'ensemble de la société. Ces représentants discutent de leurs préférences, tout en étant encadrés par des experts qui guident les discussions en y apportant leur connaissance de l'état de l'art des différents champs scientifiques. L'objectif est d'arriver ainsi à une forme de consensus, à un accord sur les grandes questions que le public veut voir traiter (la recherche de sources d'énergie alternatives, l'amélioration des rendements agricoles, la mise au point de traitements pour telle ou telle pathologie...). Les experts scientifiques sont alors chargés d'élaborer des « graphes de signification » permettant de définir la manière dont les problèmes choisis peuvent être abordés. Il s'agit donc, dans cette deuxième étape, de proposer un ensemble de projets de recherche possibles et leurs connexions à des enjeux cognitifs et pratiques. Les experts doivent donc « décider, avec l'ensemble de la communauté scientifique, quel ensemble de projets de recherche est le plus adapté pour traiter les problèmes définis dans l'agenda » (Brown, 2013, p. 216). Dans une dernière étape, ces propositions de projets sont à nouveau soumis au panel de citoyens, afin de décider dans quelles voies ces derniers veulent voir s'engager la communauté

des chercheurs. En particulier, des obstacles éthiques peuvent ici être soulevés²¹³. En bref, on peut résumer cette procédure comme suit : « dans une première étape, les délibérateurs idéaux, qui sont des représentants de citoyens, réalisent un choix informé scientifiquement quant aux politiques qu'ils veulent poursuivre. Dans une seconde étape, la communauté scientifique développe des scénarios possibles pour mener à bien ces politiques. Dans une troisième étape, les délibérateurs choisissent lequel de ces scénarios ils souhaitent voir mis en œuvre. Le résultat sera une combinaison parfaite des préférences démocratiques et des connaissances scientifiques » (Dijstelbloem, 2014, p. 42). Kitcher (2011) précise que cette délibération idéale doit « incorporer tous les points de vue, sous des conditions d'engagement mutuel » (p. 106). Ces points de vue incluent également les générations futures et des porte-voix des animaux non-humains (Kitcher, 2011, p. 116, p. 132). Bien entendu, Kitcher a explicitement conscience du fait que « toute tentative d'orchestrer ne serait-ce qu'un échantillon des voix représentant ces diverses perspectives résulterait en une vaste cacophonie » (Kitcher, 2011, p. 51). Dans ce cadre, l'objectif est explicitement, pour Kitcher, d'articuler un idéal et non pas d'identifier les procédures permettant de l'atteindre, ou même de s'en approcher. En particulier, « il n'est pas question que la science bien ordonnée doive instituer dans les faits les discussions compliquées que j'ai envisagées » (Kitcher, 2010 [2001], p. 188). En d'autres termes, le modèle que propose Kitcher n'a pas vocation à servir directement de guide pour l'action, mais de spécifier l'idéal à atteindre. Tout type de gouvernance de la science sera ainsi jugée sur sa capacité à reproduire les résultats, en terme de distribution de l'effort cognitif, qu'aurait atteint le processus idéal. L'important est donc que « quelle que soit la façon dont l'enquête se déroule, nous voulons qu'elle génère ce qui aurait été obtenu par ces procédures complexes » (*Id.*). Kitcher assume donc clairement une certaine dimension d'idéalité comme propriété de son modèle de « science bien ordonnée ». Finalement, on peut dire que la science est « bien-ordonnée si la spécification des problèmes à poursuivre est la même que celle qui émergerait d'une discussion idéale impliquant tous les points de vue humains, sous des conditions d'engagement mutuel » (Kitcher, 2011, p. 106). Plus précisément :

Pour avoir une science *parfaitement* bien ordonnée, nous exigeons qu'existent des institutions pilotant la pratique de la recherche au sein de la société, qui *invariablement* conduisent à des investigations *coïncidant* à trois égards avec les jugements de délibérateurs idéaux, représentatifs de la distribution des points de vue dans la

²¹³Dans son ouvrage de 2011, Kitcher rajoute une autre étape, dans l'objectif d'atteindre une « certification bien ordonnée ». Il s'agit de soumettre les procédures de confirmation elles-mêmes (notamment, les degrés de probabilité utilisés pour admettre des informations dans le corpus du savoir public) à ce même processus de délibération idéale.

société. Premièrement, dans la phase de définition des programmes de recherche, l'attribution de ressources aux projets est exactement celle qui serait choisie à l'issue du processus de délibération idéal que j'ai décrit. Deuxièmement, les stratégies adoptées pour mener les recherches sont celles dont l'efficacité est maximale parmi l'éventail de stratégies compatibles avec les contraintes morales définies collectivement par les délibérateurs idéaux. Troisièmement, dans la phase de traduction des résultats de recherche en applications, la politique suivie est précisément celle qui serait recommandée par les délibérateurs idéaux engagés dans le processus décrit (Kitcher, 2010 [2001], p. 187-188).

Dans ce cadre, le processus idéal insiste sur la nécessité, pour les délibérateurs, de s'ouvrir aux besoins que manifestent les autres groupes constitutifs de la société. Kitcher semble alors valoriser l'idée de consensus : il ne s'agit pas simplement de voter pour entériner une décision, mais de parvenir à une conclusion ayant pris en compte au mieux les aspirations de chacun. L'enjeu est ainsi « la construction des souhaits collectifs à partir des préférences individuelles » (Kitcher, 2010 [2001], p. 190). Bien évidemment, les objections souvent adressées à la notion de délibération idéale, d'inspiration rawlsienne ou habermasienne, peuvent trouver dans le modèle de Kitcher un espace où s'exprimer avec encore plus de force. Car ce dernier demande beaucoup plus d'effort aux délibérateurs que ne le ferait une simple discussion sur des valeurs, ou des choix impliquant de manière large les coutumes, les modes de vie, les conceptions de la vie bonne. Si, comme le soutient notamment Mouffe (2016) [2005], la notion de consensus est une illusion fondatrice du libéralisme politique, si le conflit des valeurs, le choc des intérêts n'est jamais résorbable, si enfin une discussion en apparence ouverte se base toujours sur l'exclusion de certains points de vue, on peut s'attendre à ce que les jugements sur la signification des projets de recherche soient particulièrement difficiles à formuler dans un contexte de délibération idéal. Laissons de côté ici cette critique proprement politique du modèle de Kitcher, qui sort largement du cadre de la présente étude²¹⁴. Notons simplement que Kitcher considère lui-même qu'« attendre de la science qu'elle soit parfaitement bien ordonnée est assurément trop demander » (p. 188). Son objectif est de définir un idéal devant servir de guide pour échafauder « les structures en charge du financement et du pilotage de la recherche » (*Id.*). En

²¹⁴Une piste possible pour analyser la pertinence politique de l'idéal de Kitcher est tracée par Valentini (2009), qui différencie des « bonnes » et des « mauvaises » idéalizations. Dans le premier cas, l'idéalisation est utilisée comme hypothèse dans la formulation de principes de base qui devront ensuite être appliqués au monde réel. Le cas de l'expérience de pensée rawlsienne du « voile d'ignorance » rentre dans cette catégorie. Dans le second cas, c'est l'objet même sur lequel s'applique la théorie qui est idéalisé. Valentini cite ici le Rawls de *The Law of Peoples*, qui suppose l'existence de sociétés bien ordonnées et en déduit les principes de justice devant régler le droit international. Ici, il est permis de suggérer que l'idéal kitchérien ne peut fonctionner que si les sociétés qui le mettent en place sont déjà justes, c'est-à-dire qu'elles assurent un niveau d'équité suffisant pour garantir à chacun la possibilité d'exprimer ses préférences et de les faire entendre.

particulier, il s'agit pour lui de s'appuyer sur le modèle de science bien ordonnée pour critiquer certains traits dominants dans la façon dont sont effectivement élaborés les programmes de recherche. Il considère par exemple que :

La canalisation des efforts en matière de recherche est soumise à des pressions exercées par un public largement non informé, par la compétition qui règne entre des entreprises technologiques représentant souvent une fraction minuscule de la population et par des scientifiques se préoccupant d'étudier des questions d'un genre très particulier et d'utiliser les instruments et les formes d'expertise qui sont à leur disposition. Dans les faits, les délibérations (...) impliquent souvent des agents qui s'écartent de l'idéal de deux façons différentes : il s'agit de consommateurs ayant une connaissance très incomplète de l'éventail d'options et de leurs conséquences, ou alors de chercheurs qui ont un intérêt marqué à présenter des projets de recherche sous des formes qu'ils pensent attractives aux yeux d'un public plus large (Kitcher, 2010 [2001], p. 193-194).

Sans entrer ici dans le détail des accusations portées par Kitcher contre les pratiques actuelles de financement, le point important est qu'il insiste sur la nécessité d'inclure plus directement les *préférences éduquées* des citoyens dans les processus de décision. Le type d'externalisation du pilotage qui en découle considère donc explicitement l'autonomie institutionnelle de la science comme « un legs d'un autre âge » (Kitcher, 2002), qu'il est nécessaire de dépasser. « Un des arguments centraux de ce livre », nous dit ainsi Kitcher, « affirme que l'insistance sur l'autonomie devrait être évacuée et remplacée par un image très différente, qui inclut (...) un engagement de la recherche scientifique envers le bien commun » (Kitcher, 2011, p. 217). Nous reviendrons dans les chapitres suivants sur la portée et les limites d'une telle prise de position, en interrogeant sa compatibilité avec les contraintes épistémiques mises au jour au fil de notre étude.

Outre le modèle idéal de Kitcher, il existe à l'échelle européenne quelques tentatives visant, ou ayant visé à implémenter en pratique une forme de participation du public au pilotage de la recherche. Deux programmes, en particulier, peuvent nous servir à exemplifier les formes possibles du pilotage externe de la recherche : CIVISTI²¹⁵ et CIMULACT²¹⁶. Le projet CIVISTI, débuté en 2008 et clos en 2011 avait pour objectif explicite « d'identifier des thèmes nouveaux, émergeant pour la politique de R&D européenne, en consultant les citoyens dans sept pays européens (Danemark, Autriche, Flandre/Belgique, Finlande, Malte, Bulgarie, Hongrie) ». La méthodologie du

²¹⁵<http://www.civisti.org/> (consulté le 2 septembre 2018).

²¹⁶<http://www.cimulact.eu/> (consulté le 2 septembre 2018).

programme²¹⁷ vise à constituer des panels de citoyens, censés exprimer leur « visions et souhaits pour le futur » pour « guider l'agenda européen de recherche ». Il s'agit, par exemple, de préciser « les types de problèmes que l'Europe doit résoudre dans le futur », d'identifier « les besoins en termes de biens et de services », etc. La formulation, par les citoyens, de leurs visions de long terme est guidée, ou assistée, par le « CIVISTI magazine²¹⁸ » censé « inspirer les citoyens dans leur démarche d'imagination de leur futur ». Cette première étape de délibération a permis l'identification d'une trentaine de sujets généraux²¹⁹, dont « le vieillissement », « les technologies agronomiques et la production biologique », « le réchauffement climatique », « la démographie », etc. (étape CC1).

De ces visions sont alors extraites une liste de recommandations, par un processus « impliquant des experts et des profanes » (étape CC2²²⁰). Ces recommandations mêlent des considérations strictement politiques (modification des réglementations en vigueur, etc.) et des directions de recherche à suivre. Par exemple, la recommandation numéro 2, portant sur « le développement d'outils pour les personnes handicapées », indique la nécessité « d'introduire une approche multidisciplinaire pour cet enjeu, impliquant des experts des sciences technologiques et sociales ». Plus précisément, les « sociologues et les psychologues » sont appelés à réfléchir à « la mise en place des outils pour les personnes handicapées » et aux « droits des personnes de rejeter les nouvelles technologiques ». Autre exemple : la recommandation numéro 30 porte sur « la recherche sur l'interface humain/machine ». Il s'agit ici de travailler à « la transmission d'informations au cerveau, sans l'utilisation d'implants », impliquant un certain nombre d'enjeux « techniques, mais aussi sociétaux et éthiques ».

Le programme CIVISTI valorise ainsi une forme de pilotage externalisé de la recherche, donnant une voix prioritaire aux citoyens dans la définition des directions à emprunter. Bien entendu, le processus reste très expérimental et de nombreuses questions restent ouvertes : comment les axes définis comme prioritaires sont-ils ensuite susceptibles d'être traduits plus précisément en termes de projets de recherche ? Autrement dit, jusqu'à quel degré devrait-on ensuite piloter la recherche ? Comment celle-ci peut-elle être intégrée aux dynamiques disciplinaires existantes ? Là encore, la mise au jour de conditions de pilotage est certainement nécessaire pour approfondir ce type d'initiative.

²¹⁷Que l'on peut trouver sur http://www.civisti.org/files/images/CIVISTL_project_description.pdf (consulté le 2 septembre 2018).

²¹⁸http://www.civisti.org/files/images/CVISTLMAG_ENG1.pdf (consulté le 2 septembre 2018).

²¹⁹Présentés sur http://www.civisti.org/files/images/CIVISTL_results.pdf (consulté le 2 septembre 2018).

²²⁰http://www.civisti.org/files/images/list_of_30_elaborated_recommendations.pdf (consulté le 2 septembre 2018).

Un second exemple de tentative d'ouverture du pilotage est le programme CIMULACT, financé dans le cadre de l'Horizon 2020 à partir de juin 2015 et pour une durée de 36 mois. Tout comme CIVISTI, ce programme a pour finalité d' « engager les citoyens dans la co-crédation de l'agenda de la recherche européenne, sur la base de visions, besoins et demandes partagées²²¹ ». Il s'agit là encore d'une projet expérimental, visant à explorer des méthodes possibles d'engagement des citoyens dans la détermination des priorités de la recherche. Il a pour objectif de tester différentes méthodes de consultation des citoyens, présentées dans un « Inspiration Catalogue²²² », afin de sonder leurs préférences et de les « transformer en thématiques de recherche authentiques ». Parmi les stratégies proposées, on trouve notamment les « citizens' visions workshops ». Leur objectif est de permettre à des groupes de citoyens de partager leur « vision » du futur, en groupes de 30 à 40 personnes, puis de 5 à 7 personnes aidées par un « facilitateur ». D'autres méthodes développent une co-construction concertée de programmes de recherche entre experts et citoyens (« research agenda camp », « prototyping research programme scenarios »). Nous ne rentrerons pas ici dans le détail des techniques proposées. Ces quelques exemples ont cependant le mérite de souligner l'existence, à l'échelle européenne, de tentatives d'ouverture du pilotage à un public excédant les groupes d'experts. D'autres initiatives pourraient être reportées, ancrées dans des contextes plus locaux : citons par exemple le projet « SuScit » *Citizens Science for Sustainability*, lancé en 2009 et visant à permettre à des communautés urbaines de participer aux recherches ayant trait à l'environnement et au développement durable²²³. Plus généralement, l'engagement du public dans la définition des agendas de recherche est défini comme un des objectifs du programme Horizon 2020. Dans le cadre de la réflexion autour de la « Responsible Research and Innovation » notamment, cet engagement est décrit comme « contribu[ant] à encourager une recherche qui soit plus désirable et socialement pertinente²²⁴ ».

Au final, l'externalisation du pilotage de la recherche est susceptible de prendre différentes formes. D'une part, l'accent mis, par l'OCDE, sur l'économie de la connaissance tend à rappro-

²²¹<http://www.cimulact.eu/objectives/> (consulté le 2 septembre 2018).

²²²Disponible sur <http://www.cimulact.eu/wp-content/uploads/2018/04/D5.1-Inspiration-Catalogue-for-consulting-different-groups-compressed.pdf> (consulté le 2 septembre 2018).

²²³Site web du projet <http://participationcompass.org/article/show/107> (consulté le 2 septembre 2018).

²²⁴<http://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/public-engagement-responsible-research-and-innovation> (consulté le 2 septembre 2018).

cher la recherche publique des différents acteurs socio-économiques : « demande sociale », besoins du marché, etc. Dans le cas de l'ANR, nous avons vu que cette tendance se manifestait dans les modalités d'élaboration de la stratégie nationale de recherche, mêlant les intérêts des différents ministères, des instances scientifiques et de la sphère industrielle. Les appels à projets de l'ANR reflètent directement les priorités définies par ce processus de concertation excédant largement les limites du seul champ scientifique. D'autre part, la participation directe du public à l'élaboration de l'agenda de recherche, si elle ne semble jouer dans les faits qu'un rôle limité, se développe en tant que projet politique, qu'il soit idéal (comme chez Kitcher), ou qu'il donne lieu à des expérimentations grandeur nature (CIVISTI et CIMULACT). Il s'agit, dans ce cas, d'orienter la recherche en identifiant des enjeux, problèmes ou besoins rencontrés hors du champ scientifique. Bien entendu, l'intégration de ces problèmes exogènes à la dynamique interne des disciplines pose un certain nombre de défis d'ordre épistémologique, interrogeant les modes et le degré de pilotage à privilégier.

X.2.4 Conclusion intermédiaire

Dans cette section, nous avons pu expliciter certaines formes, théorisées ou effectives, du pilotage de la recherche dans le contexte actuel. Nous avons organisé notre propos en différenciant trois dimensions du pilotage : l'orientation, la centralisation et l'externalisation. Nous en avons illustré certaines manifestations et répertorié quelques critiques plus courantes, sans souci d'être exhaustif. Nous reviendrons de manière plus précise sur ces critiques et sur les possibilités pratiques d'optimisation du pilotage, dans le dernier chapitre. Au-delà des cas singuliers que nous avons traités (ANR, NIH, NSF), il importe de noter que ces modalités du financement de la recherche constituent effectivement des tendances générales, comme y insistent Gläser et Velarde (2018). Ainsi, le rapport du conseil stratégique de recherche portant sur la première version de la SNR²²⁵ note des « convergences marquées » entre les stratégies de recherche mises en place dans différents contextes européens et internationaux :

En premier lieu, les grandes puissances industrielles adoptent généralement une stratégie de recherche dans le but de mobiliser l'ensemble des acteurs, publics et privés, en dépassant les grandes césures institutionnelles (universités – organismes d'état, recherche – industrie), pour renforcer les synergies (...) et favoriser le transfert et l'innovation (...). Il s'agit, dans tous les cas, d'un pacte social qui est proposé aux acteurs de la recherche scientifique et à la société dans son ensemble (...).

²²⁵http://cache.media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/Strategie_Recherche/69/3/rapport_SNR_397693.pdf (consulté le 2 septembre 2018).

Soucieuses de répondre concrètement aux grands défis auxquels nous confronte la mondialisation en matière de démographie et de santé, de transition énergétique, de mobilité, de renouveau industriel ou de pratiques numériques, les stratégies adoptées se déclinent en plans d'actions à moyen et long terme (5 à 10 ans) et visent au développement scientifique, mais aussi économique et social, du pays concerné. Une approche multidimensionnelle a été généralement choisie pour intégrer les filières scientifiques, les technologies clés et les défis sociétaux dans de grands programmes d'actions transversaux et les convergences avec les autres grandes stratégies nationales ont pu être valorisées grâce à des nomenclatures, des normes et des indicateurs comparables (p. 12).

Il semble donc que les processus d'orientation (plans d'action), de centralisation (mobilisation conjointe de l'ensemble des acteurs, évaluation et mise en compétition à l'échelle européenne) et d'externalisation (réponse aux grands défis sociétaux) prennent des formes similaires dans la plupart des pays à la tête de la recherche mondiale. Le CSR (conseil stratégique de la recherche) précise son propos en détaillant les stratégies allemandes, britanniques et japonaises. Il en ressort que les mécanismes d'allocation de ressources développés par l'ANR se retrouvent de manière très similaires dans ces cas : définition de défis nationaux, déclinés en orientations, puis en axes de recherche. Ces derniers servent de base à l'évaluation des projets soumis par les chercheurs.

Comme nous l'avons relevé, ces différentes manifestations du pilotage de la recherche publique entrent en conflit à la fois avec l'autonomie du champ scientifique dans son ensemble et la liberté de recherche à petite échelle. Le rapport du CSR (comité stratégique de recherche) se fait l'écho de ces tensions, en notant que la SNR (stratégie nationale de recherche) a vocation à développer une recherche orientée tout « en tenant compte des spécificités de la recherche fondamentale dont les résultats et les applications ne sont pas programmables » (p. 7). Il s'agit, autrement dit, de chercher des solutions de compromis entre la volonté de pilotage et les contraintes épistémiques propres au processus de recherche. Dans la section suivante, nous nous attachons à montrer que, tant dans les pratiques des agences de financement que dans les discours et critiques visant à en améliorer le fonctionnement, une forme d'équilibre que nous qualifions d'*horizontal* est mis en avant. Ce dernier valorise la *coexistence* d'une recherche soumise à un pilotage étroit et d'une recherche pensée comme plus libre – échappant, ou moins soumise, aux processus d'orientation, centralisation et externalisation.

X.3 Une solution de compromis : l'équilibre « horizontal » entre autonomie et pilotage

Il est courant de rappeler que la montée en puissance du financement sur projets de la recherche se fait au dépend des financements dits *récurrents* ou *de fonctionnement* attribués aux laboratoires pour assurer leurs dépenses de base et soutenir des projets n'ayant pas de financement propre (Hubert, 2012, p. 18). Mais le financement sur projets peut être lui-même plus ou moins piloté. Ainsi, à cette première opposition entre financement sur projets et financement récurrent s'ajoute dans le contexte actuel un antagonisme entre projets thématiques d'une part et projets libres d'autre part. Par exemple, l'ANR dédie une part de son financement (environ le moitié en 2010) à des programmes « blancs », s'adressant à des projets situés en dehors des axes de recherche fixés par son plan d'action. Ces projets sont mis en compétition (pilotage par centralisation et évaluation par les pairs), mais (officiellement) non orientés et non externalisés. L'objectif avoué est de laisser une marge de manœuvre aux scientifiques dans la définition des objectifs qu'ils poursuivent : comme le note le site de l'ANR, « les recherches proposées dans le cadre de ce programme sont totalement libres et sans condition spécifique quant à la nature et au sujet des projets²²⁶ ». L'agence précise que les programmes blancs visent à « donner une impulsion significative à des projets scientifiques ambitieux qui se positionnent favorablement dans la compétition internationale et qui présentent des objectifs originaux, en rupture avec les itinéraires de recherche traditionnels ». L'équilibre entre projets thématiques et projets libres est donc conçu comme un levier permettant de favoriser une recherche « originale », en relâchant les contraintes que fait peser le plan d'action sur la définition des objectifs de la science.

Ces deux types d'équilibre financier (financements sur projets *vs.* récurrent et programmes thématiques *vs.* programmes libres) sont souvent évoqués dans les discours émanant de la communauté scientifique et interrogeant les modalités actuelles du financement de la recherche. Ainsi, l'avis publié en 2010 par le comité d'éthique du CNRS et portant sur les « aspects éthiques du financement public de la recherche sur projet » (Comets, 2010) appelle « au maintien d'un équilibre entre financement sur appel à projets et soutien financier récurrent des laboratoires. Cet équilibre doit être recherché », ajoute-t-il, « en tenant compte des spécificités de chaque discipline et être adapté aux conditions de la recherche (interdisciplinarité, temporalité, etc.) » (p. 7). Dans le même ordre

²²⁶<http://www.agence-nationale-recherche.fr/Blanc-2013> (consulté le 2 septembre 2018).

d'idée, le rapport de l'académie des sciences explicitant des « propositions sur les structures de la recherche publique en France » insiste sur « l'équilibre entre les crédits de base et les financements sur projets de l'ANR » (p. 15). Elle note ainsi qu'« il est nécessaire de trouver un meilleur équilibre entre financements qualifiés habituellement de “soutien de base”, qui devraient être au voisinage de 50%, et l'autre moitié provenant des financements sur projets » (p. 19). L'académie fustige ainsi non seulement la trop grande faiblesse des crédits récurrents, mais également la disproportion des ANR ciblés par rapport aux ANR blanches (p. 15-16). Elle recommande ainsi de « donner la priorité aux ANR blanches, qui devraient représenter environ 70% des subventions sur projets » (p. 20). Hubert (2012) note que cette critique est partagée par « une grande partie de la communauté scientifique, qui se mobilise contre un pilotage trop “serré” de l'ANR ». De manière intéressante, l'ANR semble accorder du crédit à ces recommandations, puisque les financements « blancs » ont augmenté fortement entre 2008 et 2010, date à laquelle ils atteignaient 50% du budget de l'agence (p. 18).

Outre ces prises de position officielles des institutions scientifiques, la parole publique des chercheurs porte souvent le même constat : il y aurait un équilibre à atteindre, ou à rétablir, entre ces différents types de financement. Alain Prochiantz, administrateur du Collège de France, a ainsi proposé, lors de son intervention au colloque « Science et Démocratie » tenue en 2013 dans cette institution, de considérer un partage « à 50% » entre financement sur projet et financement récurrent (Prochiantz, 2013a). Plus largement, ce type de propos marque la recherche d'une solution de compromis entre autonomie du champ scientifique, liberté individuelle et pilotage. Cette solution de compromis passerait alors par un partage des ressources entre plusieurs types de recherche, caractérisés par un niveau différentiel de contrôle politique ou économique. Suivant cette perspective, la biologiste Guespin-Michel, lors d'un entretien autour d'un ouvrage collectif interrogeant les conditions d'une ouverture de la gouvernance de la science à la démocratie (Guespin-Michel et Jacq, 2013), estime « qu'une partie [des questions scientifiques à traiter], correspondant à la *recherche libre*, doit être [choisie] par la communauté scientifique (...). Mais », ajoute-t-elle, « celles qui correspondent aux autres types de *recherches finalisées* ou contextualisées doivent provenir d'instances démocratiques comprenant des scientifiques et des représentants des citoyens concernés²²⁷ » (*nous soulignons*). Autrement dit, une bonne solution de pilotage reviendrait à faire coexister recherche

²²⁷Entretien disponible sur <http://blogs.mediapart.fr/edition/la-revue-du-projet/article/250315/science-et-democratie-les-liaisons-dangereuses> (consulté le 2 septembre 2018).

libre et recherche orientée.

Dans la section suivante, nous nous proposons de caractériser cette solution comme un équilibre *horizontal* entre liberté et pilotage et de montrer que ce dernier est couramment privilégié dans la définition des modalités du financement public de la recherche d'une part et dans les contributions visant à le reformer d'autre part. Le chapitre suivant contrastera cette solution avec un équilibre *vertical*, qui nous semble plus en adéquation avec les contraintes épistémiques propres au processus de recherche.

X.3.1 Équilibre horizontal : définition et manifestations institutionnelles

À l'aune des remarques précédentes, nous définissons comme *horizontal* un mode de financement de la recherche publique partageant les crédits entre plusieurs mécanismes d'allocation, caractérisés par différents degrés de pilotage. La tridimensionnalité de cette dernière notion autorise, en théorie, plusieurs types d'équilibre horizontal. On peut jouer, en premier lieu, sur l'orientation, en faisant coexister des appels à projets thématiques et non thématiques. Les programmes blancs et les appels à projets génériques de l'ANR illustrent bien cette forme d'équilibre. Il est également possible de mettre en balance le degré de centralisation : le partage entre financement sur projet, compétitif et soutien de base ou récurrent, en est une manifestation. L'externalisation constitue enfin un dernier levier par lequel le financement public de la recherche peut être équilibré : les ressources peuvent en effet être partagées entre des projets répondant à des problèmes identifiés à l'extérieur du champ scientifique et une part laissée en gestion autonome aux différentes communautés de chercheurs.

Outre l'exemple de l'ANR, il semble que ces différentes formes d'équilibre horizontale soient pratiquées par de nombreuses agences de financement public de la recherche. Ainsi, le programme blanc incite-t-il à mettre en place des collaborations avec des équipes de recherche étrangères, dans le cadre d'accords entre l'ANR et les agences de financement internationales. Par exemple, il existe un accord entre l'ANR et son équivalent allemand (le DFG, pour *Deutsche Forschungsgemeinschaft*), en vue de « financer des projets binationaux innovants se démarquant clairement des projets nationaux en cours²²⁸ ». Ces projets sont « ouvert à tous les champs disciplinaires » et soumis à une évaluation

²²⁸<http://www.agence-nationale-recherche.fr/fileadmin/aap/2013/aap-blanc-2013-modalites-franco-allemand.pdf> (consulté le 2 septembre 2018).

parallèle de la part des deux partenaires, avant leur éventuelle sélection. Le même type d'accord a été conçu avec de nombreux pays, en Europe (Autriche, Luxembourg, Portugal, Roumanie) ou à l'international (Brésil, États-Unis, Inde, Chine, etc.), montrant l'existence de modes de financement comparables.

Comme nous avons pu le relever dans les sections précédentes, les agences américaines NIH et NSF fournissent également de bons exemples d'une telle division horizontale des appels à projets. À côté de ses bourses R0, axées sur le test d'hypothèses, le NIH propose ainsi un programme R21 (*Exploratory Developmental Research Grant*), insistant sur « la nouveauté, la découverte et l'innovation » (O'Malley *et al.*, 2009, p. 613). Le site du NIH justifie ce programme comme suit²²⁹ :

L'évolution et la vitalité des sciences biomédicales requièrent une infusion constante de nouvelles idées, de nouvelles techniques et de nouveaux points de vue. Ceux-ci peuvent différer substantiellement des pratiques et des modes de pensée courants et peuvent ne pas être supportées par l'existence de données préliminaires substantielles. Par le mécanisme R21, le NIH cherche à favoriser l'introduction d'idées scientifiques nouvelles, de systèmes modèles, d'outils, d'agents, de cibles et de technologies ayant le potentiel d'avancer substantiellement la recherche biomédicale. Les données préliminaires ne sont pas obligatoires, mais peuvent être incluses si elles sont disponibles.

Les bourses R21 sont explicitement pensées comme devant compléter les bourses R0 : « les applications pour les bourses R21 doivent décrire des projets distincts de ceux supportés par les mécanismes R01 traditionnels. Les projets conçus pour accroître les connaissances dans un champ bien établi ne seront pas considérés pour les bourses R21 ». Ces bourses doivent financer des projets « exploratoires et nouveaux ». Plus précisément :

Le mécanisme R21 est censé encourager des projets exploratoires. Par exemple, ces projets pourraient avoir pour objectif de tester la faisabilité d'un nouveau type de recherche, ou d'un nouveau système expérimental ayant le potentiel de promouvoir la recherche liée à la santé. Ces projets peuvent également impliquer l'utilisation innovante d'une méthodologie existante pour explorer un champ scientifique nouveau. Ces études peuvent comporter de grands risques, mais amener à des ruptures ou au développement de nouvelles techniques pouvant avoir des impacts majeurs dans un champ de la recherche biomédicale.

Le site dédié aux bourses R21 précise enfin que la durée du financement ne peut excéder deux années et que la valeur des bourses est limitée à 275 000 dollars (alors que le montant des bourses R0

²²⁹<http://grants.nih.gov/grants/guide/pa-files/PA-06-181.html#PartII> (consulté le 2 septembre 2018).

n'est pas limité en valeur et qu'elles peuvent durer 5 ans). Comme dans le cas du programme blanc de l'ANR, il s'agit ici pour le NIH de promouvoir explicitement une recherche se voulant « risquée », « innovante », en « rupture », ou « préliminaire ». La même rhétorique est employée par la NSF, au travers de ses bourses SGER (*Small Grants for Exploratory Research*). Ce programme²³⁰ a pour objectif de financer une recherche « exploratoire, à haut risque », pouvant prendre la forme d'un « travail préliminaire sur des idées nouvelles et non-testées », d'une « exploration d'idées de recherche émergentes et potentiellement transformatives », ou d'« applications d'approches nouvelles à des thèmes de recherche “établis” ». Le projet soumis doit alors exposer « pourquoi la recherche proposée peut être considérée comme particulièrement exploratoire et risquée ».

Ces exemples constituent donc des cas typiques d'équilibre horizontal entre pilotage et liberté scientifique, valorisant la coexistence de projets se voulant peu risqués, dédiés au test contrôlé d'une hypothèse clairement identifiée et une recherche décrite comme plus « exploratoire » – c'est-à-dire, définissant de nouveaux objets/questions de recherche, ne proposant pas de tests préliminaires convaincants, etc. Nous reviendrons dans le chapitre suivant sur la pertinence épistémique de ces types d'appels à projets. Poursuivons, pour le moment, notre caractérisation des formes prises par cet équilibre horizontal, en nous penchant sur certains modèles alternatifs de financement proposés dans la littérature portant sur les politiques scientifiques et l'économie de la recherche.

X.3.2 Équilibre horizontal et solutions de financement alternatives : financer la recherche par loterie

Comme nous l'avons vu dans le premier chapitre de ce travail, il existe de nombreuses critiques du pilotage de la recherche qui appellent à un retour à un mode d'allocation des ressources qui soit moins conditionné à la mise en compétition de projets. Il s'agirait, par exemple, de financer les individus ou les laboratoires, sans soumettre les crédits à une évaluation compétitive (Couée, 2013 ; Ioannidis, 2011). Suivant cette voie, certains auteurs ont tenté d'estimer le volume des fonds que recevrait chaque chercheur « si les ressources étaient distribuées de manière équitable entre les chercheurs qualifiés, sans interférence de l'évaluation par les pairs » (Vaesen et Katzav, 2017, p. 1). Outre cette défense des financements récurrents comme mode de gestion de la recherche publique, certains auteurs ont travaillé à des adaptations possibles du financement sur projets, dont nous nous proposons de montrer qu'elles constituent typiquement des appels à favoriser un équilibre horizontal

²³⁰Décrit sur le site dédié : http://www.nsf.gov/pubs/policydocs/pappguide/nsf08_1/gpg-2.jsp#IID1 (consulté le 2 septembre 2018).

entre liberté et pilotage.

L'une des adaptations souvent citées sur laquelle nous choisissons de nous pencher ici prône l'introduction d'une part d'aléatoire dans l'allocation des ressources. Les différentes propositions allant dans ce sens partent généralement d'un constat simple : « étant donné que la plupart des propositions sont considérées comme méritantes [par les évaluateurs], mais que les budgets sont insuffisants pour financer même un tiers d'entre elles, l'évaluation par les pairs se rapproche d'un jeu de dés » (Greenberg, 1998, p. 686). Dans ce cadre, « les gagnants (...) sont les bénéficiaires d'un système qui les choisit par hasard (...) ». Le manque de distinction entre gagnants et perdants est cité comme une limite majeure du processus d'évaluation par les pairs ». Finalement, pourquoi ne pas alors assumer cet état de fait et allouer par loterie « un pourcentage respectable des fonds de recherche » (Greenberg, 1998, p. 686) ? Cette opinion se retrouve relativement souvent dans les prises de positions des scientifiques sur les modalités du financement de la recherche publique, comme le rappelle Avin (2017). Par exemple, Gillies (2014) part de l'idée (classique) selon laquelle l'évaluation par les pairs serait intrinsèquement conservatrice (c'est-à-dire, qu'elle exclut tout projet « nouveau, spéculatif, ou non courant dans son approche ») pour défendre la valeur épistémique d'une distribution aléatoire des fonds. Ce système est censé éliminer les biais traditionnellement associés au processus de sélection des projets utilisant l'évaluation par les pairs.

Cependant, outre ces discours généraux, les études empiriques visant à quantifier précisément les performances épistémiques du processus d'évaluation par les pairs restent peu fréquentes (Demicheli et Di Pietrantonj, 2007). Comme le note Avin (2018), les rares travaux visant à mesurer la productivité des projets choisis sont sujets à de nombreux biais, liés notamment aux indicateurs utilisés pour quantifier le mérite *ex-post* des projets (p. 4). Il semble cependant possible d'accorder plus de crédit à d'autres types d'études, déjà citées, s'attachant à montrer la grande variabilité des notes accordées aux projets soumis. Ces dernières amènent à suggérer qu'au moins pour une certaine proportion de soumissions, la décision finale contient une part importante d'aléatoire (Graves, 2011). Une origine possible de cette variabilité serait la *distance intellectuelle* existant entre chaque évaluateur et le projet noté : comme nous l'avons vu, Boudreau *et al.* (2016) ont ainsi pu montrer, dans le contexte d'une université menant des recherches en biomédecine, que des projets trop proches ou trop éloignés des intérêts singuliers de l'évaluateur tendent à être moins bien notés. Avin (2018) en déduit que pour un certain nombre de propositions, l'évaluation par les pairs fonctionne comme

un générateur aléatoire de résultats, « hautement variable et largement imprévisible » (p. 7). Cette dimension aléatoire concernerait alors un groupe de propositions intermédiaires, entre celles qui sont systématiquement acceptées et celles qui sont systématiquement rejetées.

Ce caractère aléatoire du processus est en outre souvent jugé à l'aune de son coût financier et temporel. Outre les critiques fréquentes, venant de la communauté scientifique elle-même, dénonçant le caractère chronophage des rédactions de demande de bourse (Académie, 2012 ; Comets, 2010), quelques études ont pu proposer une quantification de ce coût de l'évaluation par les pairs (Herbert *et al.*, 2013). Faisant fond sur cet ensemble de données, plusieurs travaux proposent alors une analyse approfondie des possibilités de financement d'une partie des projets par un système de loterie. Brezis (2007) décrit ainsi un mécanisme de « *focal randomisation* ». De manière générale, « ce mécanisme stipule que lorsque les évaluateurs ont une bonne compréhension de la valeur de certains projets, leur rapport sera définitif; mais pour les projets apparaissant inventifs et que les évaluateurs ne peuvent juger, [il] propose que les projets soient choisis aléatoirement » (p. 1). L'auteur propose ensuite un modèle numérique, permettant de quantifier cette proposition dans différentes configurations – taux de financement, caractère novateur (et difficile à évaluer) des projets, etc. Au niveau qualitatif, l'auteur suggère alors de constituer un groupe de projets dont la pertinence s'avère délicate à évaluer et d'en prélever un certain sous-ensemble (dépendant des ressources disponibles) de manière aléatoire.

Une idée similaire se retrouve chez Fang et Casadevall (2016). Après avoir noté que l'évaluation par les pairs ne parvenait pas à comparer de manière fiable les mérites réels des projets, les auteurs proposent de mettre en place une « loterie modifiée ». Comme précédemment, il s'agit dans ce cas de mêler évaluation par les pairs et sélection aléatoire d'un sous-ensemble de projets. Le système qu'ils proposent consisterait alors à identifier un certain ensemble de candidatures jugées méritantes, ajusté au volume total des fonds alloué. Par exemple, si la proportion de projets susceptibles d'être financés est de 10%, l'ensemble en question peut rassembler 20 à 30% des projets (p. 4). Sur cet ensemble, est ensuite appliqué un tirage aléatoire des projets effectivement financés. Pour les auteurs, ce système permettrait d'atténuer les biais couramment associés au processus d'évaluation par les pairs.

Citons enfin le modèle de division du travail cognitif élaboré par Avin (2017, 2018) et que nous

avons présenté dans la partie 2. Sur la base des travaux de Weisberg et Muldoon (2009), l'auteur propose de simuler les effets d'un financement centralisé sur l'exploration de champs épistémiques de dimensions variables. Il montre alors que dans certaines conditions, une allocation aléatoire des ressources permet une exploration plus efficace qu'une répartition des fonds évaluant le seul mérite épistémique estimé des projets. Arrêtons-nous un instant sur cette conclusion, qui ne peut se comprendre hors du cadre particulier du modèle bâti par Avin (2017). Rappelons en effet que ce dernier considère un champ épistémique initialement inconnu et découvert peu à peu par une communauté de chercheurs à qui des fonds sont alloués (ou non). Le processus classique d'évaluation par les pairs est alors modélisé par une sélection des projets apparaissant comme les plus prometteurs, étant donné l'état connu du champ épistémique. À l'inverse, le financement aléatoire distribue les ressources (humaines) sans égard pour les savoirs acquis précédemment. Étant donné que l'évaluation *ex-ante* des projets est forcément biaisée par la visibilité réduite des pairs sur l'ensemble du champ, il est logique qu'au-delà d'une certaine taille du champ, une exploration aléatoire soit plus efficace – c'est-à-dire permette de découvrir des pics qu'une évaluation par les pairs aurait laissé de côté. Avin (2018) en déduit alors un mécanisme de sélection incluant plusieurs étapes. La première consiste à faire correspondre les projets présentés à un sous-ensemble d'« activités épistémiques » définissant un champ épistémique. En référence à Chang (2014), ces activités épistémiques sont pensées comme motivées par un ou plusieurs objectifs partagés : « la mise au point de modèles climatiques », « la construction d'outils optiques », « l'observation d'espèces particulières dans leur habitat naturel ». Cette division est donc dynamique et suit l'évolution des savoirs et des pratiques. À chaque système d'activités épistémiques, est associé un panel d'évaluateurs. Les demandeurs rédigent alors de « courtes propositions », permettant de les assigner à un des panels et de les classer selon trois groupes en fonction de la connaissance des succès ou échecs passés : « mérite connu haut », « mérite connu moyen », « mérite bas connu » et « mérite inconnu » (p. 28). À partir de là, Avin propose de financer tous les projets présentant un mérite connu haut, soit environ (sur la base des études portant sur la variabilité des scores de l'évaluation par les pairs) 10% des candidatures. Parallèlement, les projets reconnus de manière consensuelle comme non méritants doivent être exclus (50-60% des projets). Le groupe intermédiaire (mérite moyen ou inconnu) est alors soumis à une loterie, sélectionnant de manière aléatoire les projets financés. Bien entendu, ce mécanisme ne doit pas, selon Avin, être utilisé pour des projets trop coûteux mobilisant des moyens importants (*Human Genome Project*, etc.). Il ne doit pas non plus être mobilisé dans le cas où des pressions externes rendent nécessaires l'obtention d'une réponse rapide (par exemple, l'éradication d'une épidémie).

Dans tous les travaux cités, l'intérêt du financement aléatoire est donc lié à l'hypothèse selon laquelle il existe, dans chaque champ épistémique (chaque ensemble d'activités épistémiques), une proportion non négligeable de pistes de recherche fécondes mais très éloignées des approches connues (dont le mérite épistémique ne peut être estimé de manière consensuelle); d'autres part, ces pistes seraient susceptibles d'être suivies spontanément par des scientifiques non soumis à l'évaluation par les pairs. Ainsi, l'allocation par loterie est censée favoriser l'*exploration* de pistes nouvelles, dont le mérite risquerait de ne pas être reconnu dans le cadre d'une évaluation par les pairs. De manière intéressante, certaines agences ont implémenté de manière effective un mode de financement aléatoire dans quelques programmes et utilisent abondamment, dans ce cadre, le vocabulaire de l'exploration ou de la nouveauté. C'est le cas des bourses *Explorer Grants*²³¹ du Health Research Council of New-Zealand, des *Science for Technology Innovation Seed Projects*²³² (projets en germes) en Nouvelle-Zélande également, ou des bourses *Experiment!*²³³ de la fondation Volkswagen. Cette rhétorique fait écho à celle, rencontrée précédemment, des bourses SGER de la NSF, R21 du NIH et des programmes blancs de l'ANR. Nous avons montré que ces programmes étaient typiques d'une solution de compromis visant à faire coexister un fort pilotage sur certains projets (orientation externe, forte compétition dans l'évaluation par les pairs) et un haut degré d'autonomie scientifique sur d'autres – degré d'autonomie néanmoins tempéré par la limitation financière et temporelle de ces bourses. Les propositions de financement aléatoire jouent clairement, elles aussi, sur la recherche d'une forme d'équilibre horizontal entre projets pilotés (orientés, centralisés, externalisés) et projets libres. Ces derniers sont pensés comme *exploratoires*, c'est-à-dire sortant des intérêts immédiatement perceptibles par les évaluateurs. Dans ce cadre, les x% de bourses allouées sur la seule base de l'évaluation par les pairs (correspondant aux projets reconnus de manière consensuelle comme hautement méritants) sont soumis aux différentes formes de pilotage explicitées plus haut (puisqu'elles répondent aux critères d'évaluation utilisés par les agences de financement); à l'inverse, les projets choisis aléatoirement sont pensés comme bénéficiant d'un plus haut degré de liberté dans les objectifs qu'ils se fixent.

²³¹<http://www.hrc.govt.nz/funding-opportunities/researcher-initiated-proposals/explorer-grants> (consulté le 2 septembre 2018).

²³²http://www.sftichallenge.govt.nz/sites/default/files/2017-06/2017%20SEED%20funding%20Q%20and%20As_0.pdf (consulté le 2 septembre 2018).

²³³<http://www.volkswagenstiftung.de/en/funding/our-funding-portfolio-at-a-glance/experiment.html> (consulté le 2 septembre 2018).

Finalement, la défense d'une forme d'équilibre horizontal, dans les discours (prises de position des institutions scientifiques, modèle de financement aléatoire) comme dans les pratiques (programme blanc, bourses R21, SGER, etc.), repose sur une double hypothèse. La première est qu'il existe deux grands type d'activité de recherche. L'une serait explicitement intégrée dans un réseau de pratiques et d'objectifs pré-existants ; son intérêt serait donc aisément évaluable et ses retombées aisément prévisibles. L'autre serait éloignée des thèmes, méthodes, pistes reconnues comme importantes par une communauté donnée ; sa valeur serait donc délicate à évaluer. La seconde hypothèse est que des scientifiques libres (*i.e* échappant, à un certain degré, au processus d'évaluation par les pairs) optimisent l'exploration de ces voies de recherche (*i.e* maximisent le gain épistémique associé). Le chapitre suivant a notamment pour objectif de critiquer ces hypothèses et donc l'idée selon laquelle l'équilibre horizontal serait une solution de compromis pertinente. Pour ce faire, nous proposons plusieurs conditions *théoriques* de pilotage, parmi lesquelles une forme d'équilibre *vertical* que nous définirons.

X.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons pu mettre au jour certaines propriétés des modes de financement actuels de la recherche publique sur projets, en Europe (spécifiquement en France) et aux États-Unis. Il s'agissait pour nous d'adopter une perspective plus générale que celle fournie par la littérature en sociologie et en sciences politiques sur le management de la recherche, de manière à abstraire certaines grandes tendances à l'œuvre dans le pilotage de la recherche par les États. Comme le notent Gläser et Velarde (2018), l'état actuel des études sur le sujet permet difficilement, en effet, de tracer des conclusions claires quand aux relations entre modes de financement et dynamique de production des savoirs. Dans ce cadre, comme nous l'avons noté dès l'introduction, nous avons pour objectif principal de proposer, sur la base de nos analyses épistémologiques, des conditions théoriques de pilotage, puis d'en déduire un schéma de financement impliquant une limitation de la liberté de recherche et de l'autonomie scientifique qui soit épistémiquement acceptables.

Nous avons ainsi caractérisé trois dimensions de pilotage (orientation, centralisation, externalisation) et rappelé les principales critiques qui leur sont adressées. Nous avons ensuite examiné un type de réponse possible à ces critiques, qui est couramment cité dans les argumentaires visant à repenser les modalités du financement et mis en œuvre par plusieurs agences de financement. Cette réponse

consiste à chercher une solution de compromis dans la coexistence entre une recherche très pilotée et une recherche plus libre se voulant exploratoire. La suite de ce travail se fixe notamment pour objectif de proposer une autre forme d'équilibre, plus en phase avec les contraintes épistémologiques que nous avons identifiées dans les parties précédentes.

CHAPITRE XI

TROIS CONDITIONS THÉORIQUES DU PILOTAGE DE LA RECHERCHE

XI.1 Introduction : fécondité et productivité épistémique

Comment penser les conditions optimales d'une distribution des ressources équilibrant d'une part la liberté individuelle et le pilotage (centralisation, orientation) des décisions et d'autre part, l'autonomie du champ scientifique et sa perméabilité aux demandes qui lui sont extérieures ? La réponse que nous cherchons à apporter à cette question entend déployer une grille d'analyse suffisamment fine pour penser la question du contrôle des orientations de la science en termes de degrés : quelles dimensions exactes du processus de recherche sont susceptibles d'être pilotées ? À quels niveaux de la pratique scientifique se joue la perméabilité aux problèmes exogènes ? Répondre à ces questions implique de s'appuyer sur un modèle de la dynamique de la science apte à penser, dans le détail, des mécanismes individuels et collectifs conduisant à la formulation et à la sélection des problèmes à résoudre. Ce dernier doit caractériser, d'une part, les ressorts *endogènes* régulant l'émergence de la nouveauté (nouveaux problèmes/questions/objets de recherche) et estimer, d'autre part, l'impact épistémique de la perméabilité du champ scientifique aux problèmes exogènes. Plus généralement, il s'agit aussi de caractériser les *moteurs*, individuels et collectifs, de la recherche. Or, comme nous l'avons relevé précédemment, l'abandon, dans le cadre du *practical turn*, de la description classique des objectifs de la science en termes de construction d'une représentation générale et unifiée du monde naturel a, de toute évidence, laissé un vide difficile à combler. Si les activités menées par les scientifiques s'insèrent dans un système complexe de pratiques interconnectées, quelles forces sont susceptibles d'en conduire l'évolution, l'adaptation, les modifications ? Réciproquement, qu'est-ce qui en garantit la cohérence interne ? Comment penser, finalement, leur intégration au sein de l'ensemble des pratiques se déployant dans le monde social ?

La réponse que nous avons proposée à cette série de questions repose en partie sur un réinves-

tissement de la logique pragmatiste de l'enquête, elle-même fondée sur une lecture naturalisée de la notion de curiosité. Cette dernière ancre la dynamique de la recherche dans une fonction biologique de reconnaissance et de problématisation des indéterminations perturbant les interactions des organismes avec leur milieu. Appliqué au cas de l'enquête scientifique, la curiosité peut alors se comprendre comme une attention aux doutes intellectuels, ou aux obstacles matériels, vécus dans le cours d'une pratique, avec comme objectif d'y trouver une solution possible. Dewey arrime l'expérience de l'indétermination à une situation objectivement indéterminée : il suppose ainsi que seuls les problèmes *authentiques*, émergeant comme obstacle réel au sein d'une pratique, sont susceptibles de motiver une enquête. Il nous a semblé cependant nécessaire de clarifier et d'amender sur certains points la logique deweyenne. En particulier, l'enjeu pour nous est de rendre à la recherche son aspect collectif, d'une part et de préciser la notion de pratique scientifique, d'autre part : comment, sur la base de l'identification individuelle des obstacles rencontrés au sein de différents types de pratiques, les problèmes à résoudre peuvent-ils être sélectionnés et partagés au sein d'une communauté donnée ?

Pour ce faire, nous avons tout d'abord interprété le concept de *situation* en termes de *système de pratiques* (Chang, 2014). Dans ce contexte, le caractère authentique d'un problème lui est conféré par son intérêt dans un réseau de pratiques existant. Réciproquement, la spéculation se définit comme un éloignement, une déconnexion vis-à-vis des objectifs poursuivis par les pratiques ayant cours. Afin de préciser cette idée et pour tenter de rendre plus concrète la notion de système de pratiques, nous avons distingué plusieurs types d'activités scientifiques, depuis les aspects les plus techniques de l'expérimentation jusqu'au retour critique sur le corpus des connaissances et sur leur mode d'acquisition. Dans ce cadre, le caractère collectif du processus de recherche prend tout son sens. Notre thèse, en effet, est que le degré d'authenticité d'un problème, évaluable au regard de l'ensemble des pratiques, est un critère endogène de sélection des questions de recherche. Nous situons ce mécanisme comme principe fondamental, antérieur à toute institutionnalisation²³⁴, du processus de recherche comme activité collective. Nous supposons en effet qu'un champ scientifique idéal, constitué d'individus parfaitement libres et disposant de ressources illimitées, suivrait cette dynamique. Nous avons déduit de ce schéma l'existence possible d'une forme d'*inertie pratique* comme facteur endogène d'orientation de la recherche : la formulation des problèmes à résoudre

²³⁴Notamment, antérieur aux modalités internes de régulation des orientations de la science : évaluation par les pairs, système de publication, etc.

est mise sous la dépendance d'un principe de maintien des systèmes de pratiques en cours. Il est crucial, ici, de bien s'entendre sur ce que signifie cette notion de maintien, qui n'est pas synonyme de stabilité, de rigidité ou d'immobilisme. Bien au contraire, ce principe est un moteur d'évolution et d'adaptation des pratiques. Cependant, ces évolutions ont toujours pour finalité de préserver un réseau d'objectifs prédéfinis – tout comme l'adaptation des espèces à leur environnement est guidée par un principe de perpétuation. Nous avons apporté une série de justifications empiriques à cette thèse, en montrant comment des exemples classiques, principalement tirés de l'histoire de la biologie (génétique, biochimie et biologie moléculaire), pouvaient être éclairés par référence à cette logique de conservation des pratiques (p. 164, p. 303, p. 306).

Nous avons pu tirer de ces analyses une première condition générale portant sur l'équilibre entre liberté et pilotage de la recherche : les contraintes imposées sur les objectifs poursuivis doivent avoir pour limite la reconnaissance du processus de recherche comme source propre d'indéterminations. En d'autres termes, il est nécessaire de ménager un espace pour l'identification et la problématisation des doutes ou des obstacles émergeant des pratiques en cours. En outre, cette activité doit avoir une dimension collective, au sens où l'authenticité des problèmes soulevés est à considérer à l'échelle d'un système de pratiques.

Dans un second temps, nous avons examiné la manière dont l'importation de problèmes exogènes était susceptible d'interférer avec la logique interne de l'enquête. En prenant le cas des sciences biologiques, nous avons tout d'abord mis en évidence la perméabilité constitutive des pratiques scientifiques aux enjeux qui leur sont extérieurs. Cette perméabilité dépend, bien entendu, des conditions institutionnelles, mais également des objets étudiés. Nous avons ainsi fait l'hypothèse que la complexité, comprise comme multi-causalité, était susceptible de rendre le champ scientifique particulièrement sensible, dans les directions qu'il emprunte, aux problèmes exogènes. Nous avons alors montré que ces problèmes exogènes, loin de perturber la dynamique interne de la recherche, s'intégraient finement aux systèmes de pratiques endogènes au champ scientifique et participaient de ce fait à l'acquisition de connaissances fondamentales en biologie. La prise en compte de problèmes exogènes, du fait du conservatisme inhérent au processus de recherche, semble ainsi être favorable à sa *fécondité*. Précisons ce dernier point.

La fécondité épistémique d'une théorie se définit, traditionnellement, comme sa capacité à formuler de nouvelles questions de recherche (Schindler, 2017). Si l'on associe cette idée à la lecture de

la dynamique de la recherche que nous avons développée ici, on peut concevoir la fécondité du champ scientifique, ou d'une communauté scientifique donnée, comme sa capacité à poser des problèmes *authentiques*. L'existence, à l'échelle collective, de mécanismes de régulation contraignant le type de problèmes susceptibles d'orienter l'évolution des systèmes de pratiques, permet ainsi de préciser cette notion de fécondité en tenant compte de la logique réelle de l'enquête. Reste maintenant à préciser le lien entre la fécondité et la productivité épistémique du champ scientifique, qui est le critère que nous avons choisi pour penser l'optimisation des conditions de pilotage. La productivité peut être appréhendée, de manière très générale, comme la capacité de la science à nous fournir des connaissances sur le monde naturel. Nous ne chercherons pas ici à préciser plus avant cette variable, mais il serait sans doute possible de la relier à des mesures bibliométriques (taux de publication, impact des articles produits sur l'ensemble du champ scientifique), ou à des critères épistémologiques (capacité à formuler de nouveaux modèles, de nouvelles théories, de nouvelles hypothèses, etc.). Il semble dès lors légitime de supposer qu'une croissance de la fécondité du champ scientifique joue positivement sur sa productivité. Un enrichissement de l'éventail des problèmes de recherche envisageables facilite en effet, en toute rigueur, l'identification de questions de recherche dont la résolution est susceptible d'avoir une influence positive sur les pratiques épistémiques en cours. Il est possible de critiquer cette thèse en considérant que la fécondité peut très bien jouer *contre* la productivité si un accent trop appuyé est mis sur l'identification de problèmes utilitaires. Cette idée rejoindrait les craintes, relevées dans la première partie, d'une dérive utilitariste de la recherche qui nuirait à sa productivité épistémique. Cependant, en mettant en évidence l'interconnexion fine, au sein des systèmes de pratiques, entre le champ scientifique (défini comme le lieu privilégié de l'enquête) et les espaces qui sont extérieurs, nous avons montré du même coup que cette critique était mal fondée. L'identification d'un problème exogène va en effet, au moins en droit, de pair avec la reconnaissance des liens qu'il entretient avec les systèmes de pratiques épistémiques et les objectifs cognitifs qu'elles poursuivent. Ainsi, s'il existe une dérive utilitariste (c'est-à-dire, une tendance à donner priorité à la résolution de problèmes apportant peu de choses aux connaissances fondamentales), celle-ci est postérieure à toute tentative d'intégration des problèmes exogènes et endogènes. Elle relève d'un choix qui ne remet pas en cause, en lui-même, l'intérêt d'identifier des pistes de recherche possibles en s'appuyant sur les indéterminations vécues à l'extérieur du champ scientifique.

Finalement, l'enjeu d'une optimisation du pilotage semble bien être celui d'une maximisation de la fécondité épistémique de la recherche, conçue comme capacité à poser des problèmes authentiques, c'est-à-dire présentant un intérêt objectif pour les systèmes de pratiques en vigueur.

Le présent chapitre se fixe donc pour finalité première d'explicitier des conditions théoriques de pilotage permettant d'optimiser cette fécondité épistémique du processus de recherche. Nous proposons ainsi trois critères. La première condition rejette l'équilibre horizontal souvent proposé actuellement comme solution de compromis entre liberté et pilotage, et pose la nécessité d'assurer un équilibre vertical. Ce dernier soumet tous les projets à un même mécanisme de sélection, tout en ménageant dans le processus de recherche un espace pour la problématisation des obstacles techniques ou intellectuels rencontrés. Cela doit passer par le relâchement local (à l'échelle de l'individu ou des groupes de recherche porteurs des projets financés) des contraintes liées au pilotage. Nous précisons ce point en introduisant l'idée d'une variabilité selon les objets ou domaines d'étude : en particulier, la reproductibilité des résultats obtenus dans un champ donné devrait être un indicateur (parmi d'autres) du degré de relâchement des contraintes à appliquer. La deuxième condition insiste sur la reconnaissance de la diversité des pratiques et de leurs interconnexions au sein de systèmes d'objectifs superposés. La dernière met en valeur l'intérêt épistémique d'un élargissement des publics investis dans le pilotage de la recherche. Dans le douzième et dernier chapitre, nous tenterons de traduire ces conditions théoriques de pilotages en propositions concrètes de gouvernance de la recherche publique.

XI.2 Évolution des systèmes de pratiques et fécondité épistémique

Commençons par un bref rappel des acquis précédents susceptibles de nous être utiles pour penser les conditions du pilotage. L'une des thèses centrales que nous avons élaborée au cours de cette étude porte sur les mécanismes d'évolution, de modification, d'adaptation des systèmes de pratiques scientifiques. Si la nature du moteur endogène de l'enquête (la curiosité au sens pragmatiste) impose que le choix des problèmes à résoudre dépende de leur degré d'authenticité (ou au contraire de spéculation) au regard des systèmes de pratiques en cours, alors il existe une forme d'inertie pratique s'ancrant dans une logique de *maintien* de ces pratiques et des objectifs qui les sous-tendent. L'adaptation des systèmes de pratiques est une condition nécessaire à ce maintien : par exemple, certaines directions de recherche peuvent être abandonnées et de nouvelles peuvent être ouvertes, afin de prendre en compte les situations problématiques (doute intellectuel, obstacle technique) rencontrées dans le cours des pratiques existantes. Le point important est que cette mécanique d'évolution des objectifs est étroitement bornée par l'existence d'une pression exercée par la situation sur les systèmes de pratiques. Cette pression peut venir, en droit, à la fois des pratiques

scientifiques elles-mêmes, comme sources d'indéterminations, ou de l'extérieur du champ scientifique.

XI.2.1 Authenticité ou signification ? Retour critique sur le modèle de « science bien ordonnée » de Kitcher

La notion pragmatiste d'authenticité est relativement proche de celle de « signification » que l'on trouve chez Kitcher (2010) [2001]. Dans les deux cas, il s'agit de mobiliser une variable qualifiant le degré d'intérêt que présente un problème ou un projet étant donné un certain état des pratiques. Il nous semble néanmoins important d'établir quelques nuances entre ces deux notions, nuances qui justifient notre préférence pour le vocable deweyien. Corrélativement, il nous semble que l'usage que fait Kitcher du concept de signification l'éloigne quelque peu de la philosophie des sciences pragmatiste qu'il souhaite explicitement incarner (Kitcher, 2013). Le fondement de notre argument consiste à noter que la notion d'authenticité fournit une description plus dynamique des moteurs de la recherche. La critique adressée par Brown (2010) au modèle de Kitcher permet de bien saisir ce point.

Cette critique, fondée sur une lecture deweyenne de la logique de l'enquête, est dirigée contre la manière dont Kitcher pense le mélange entre les sources pratiques et cognitives de signification. Pour Brown, c'est parce que ce dernier « ne veut pas réduire toute signification à la pratique » qu'il ajoute une « source épistémique de signification », prise en compte à travers un appel abusif à la « curiosité naturelle » (p. 138). Cela permet à Kitcher de connecter ses graphes soit à des préoccupations d'ordre pratique, soit à des questions très générales pensées comme étant portées par des intérêts universellement partagés. Comme le rappelle Brown, le philosophe justifie ce point comme suit :

Les êtres humains varient (...) en fonction de la manière dont ils expriment la surprise et la curiosité (...). Mais (...) nous trouverons anormales certaines personnes qui sont obsédées par des détails sans intérêts. En affirmant que les sciences obtiennent leur ultime signification épistémique de grandes questions issues de la curiosité humaine naturelle, je m'inscris dans le cadre d'une tolérance limitée, restreinte à notre conception de la « saine curiosité » (*healthy curiosity*) (Kitcher, 2001, p. 81).

Pour Brown, la manière dont Kitcher mobilise la notion de curiosité n'est pas absolument satisfaisante (p. 140). Sans rentrer dans le détail de la liste de critiques qu'il adresse à cet aspect du modèle de science bien ordonnée, retenons son hypothèse centrale : Kitcher ne rend pas bien

compte de la place que prend et que doit prendre la curiosité au sein de l'enquête. Pour établir ce point, il utilise « la théorie pragmatiste de John Dewey décrivant la manière dont les problèmes surgissent et nourrissent l'enquête ». Son objectif est donc de montrer qu'en « analysant la manière dont les questions étudiées émergent de situations concrètes, en comprenant ce qui rend de telles questions authentiques (*genuine*), nous pouvons construire une meilleure explication de ce qui les rend significatives » (p. 133). Pour le dire brièvement, l'argument développé par Brown est le suivant : Kitcher pense la signification épistémique sur un mode trop intellectualiste, déconnecté des pratiques concrètes de la recherche. Les problèmes généraux qu'il considère comme étant motivés par la curiosité naturelle sont des problèmes « de papier », non des problèmes « authentiques », tels qu'ils sont soulevés au quotidien dans les laboratoires.

Si l'on revient, en effet, au cadre défini par Dewey, un problème authentique doit émerger d'une pratique et doit donc « être senti, ou faire l'objet d'une expérience vécue » (Brown, 2010, p. 141). En connectant ses graphes de signification à des questions générales, Kitcher « sur-intellectualise le problème de la signification scientifique » (p. 146), en l'éloignant de l'expérience de l'indétermination. Pour Brown, interprétant Dewey, les grandes questions portant sur l'origine de l'Univers ou le secret de la vie ne guident finalement l'enquête que de manière très lointaine. Dans ce cadre, les problèmes concrets rencontrés par les chercheurs dans le cours de leur activité sont une source *bien plus importante* de signification. Réciproquement, Brown associe la source ultime de signification épistémique proposée par Kitcher à des « problèmes de papier », sur lesquels peuvent porter la critique pragmatiste du doute spéculatif (p. 140-141).

Selon Brown, les graphes de significations kitchériens évacuent ainsi une dimension importante de ce qui rend un projet intéressant : la logique interne des disciplines scientifiques. En cela, ils ne décrivent pas bien la manière dont un projet peut être considéré comme significatif. Bien entendu, il est tout à fait possible de dresser des graphes de signification pour mettre en évidence les connections entre différents registres de questions : cela peut même se révéler tout à fait approprié, comme le soutient Kitcher, pour la mise en place d'une gouvernance démocratique de la science. Cependant, l'argument de Brown concerne *la manière* dont sont réellement posés les problèmes au sein d'une situation. Il est toujours possible de connecter toute recherche à des questions générales, telles que *quels sont nos ancêtres hominidés ?* ou *comment les cellules d'un organisme régulent-elles leur métabolisme ?* Cependant, cette démarche est-elle réellement informative quant

à la dynamique à l'œuvre au sein du champ scientifique ? On pourrait en effet aller plus loin encore que ne le fait Kitcher et connecter les graphes à des problèmes encore plus fondamentaux : qu'est-ce que le vivant ? l'homme est-il un animal comme les autres, ou les caractéristiques de son évolution indiquent-elles la présence d'un dessein intelligent ? Ou à l'inverse, les ancrer dans des questions beaucoup plus triviales : Brown propose ainsi de lier toute la recherche en thermodynamique à la question de savoir « pourquoi [s]on café refroidit dans [s]a tasse ». Tous ces schémas seraient *justes*, au sens où ils représentent de manière exacte les connections logiques entre différentes questions. Cependant, comment être sûr que ces graphes ne soient pas purement spéculatifs, qu'ils représentent bien des problèmes authentiques, c'est-à-dire émergeant réellement de la situation (des systèmes de pratique) ? Pour reprendre un exemple déjà utilisé plusieurs fois, la recherche du boson de Higgs pourrait tout à fait être rattachée à un grand nombre de questions générales, dont l'une pourrait être « découvrir la nature de la matière physique ». Mais quel est le rôle exact de cette question dans la formulation des programmes de recherche, par rapport aux problèmes concrètement poursuivis par les physiciens – compléter le modèle standard de la physique ? Réciproquement, la résolution de ce dernier permettra-t-elle réellement d'avancer sur la réponse à apporter à la première interrogation ? Encore une fois, cela ne signifie pas que la question de la nature de la matière n'ait pas sa place dans la description de la situation – tout comme le débat sur le réductionnisme peut avoir sa place dans la pratique de la biologie. Cependant, la prudence est de mise : une connection *logique* ne suffit pas à rendre authentique un problème.

Cette critique de Kitcher pourrait passer pour un faux-procès. En effet, l'objectif de Kitcher n'est pas vraiment de décrire, de manière dynamique, la manière dont les problèmes sont posés, mais de fournir un état figé, à un instant t , des liens théoriques existant entre différents registres de question, dans le but de guider la décision. Cependant, pour Brown, cette manière de procéder amène Kitcher à ne pas être assez attentif à la prise en compte de la logique interne des disciplines dans son modèle de gouvernance. En particulier, il note qu'étant donné que les problèmes sont naturellement définis à partir d'une *perturbation* (un doute, une indétermination) au sein de la situation, le « degré » de perturbation survenant au sein d'une pratique doit être pris en compte, ainsi que la manière dont cette perturbation affecte les autres pratiques. De manière générale, une attention plus soutenue doit être portée à la logique interne des disciplines, à la dynamique *continue* de leur développement :

Il est nécessaire de connaître les pratiques scientifiques en cours et la manière dont le problème que l'on veut traiter perturbe la pratique. Il faut également établir une

connexion forte avec ceux qui pratiquent la science et s'interroger sur la manière dont ils font eux-même l'expérience de l'indétermination. Cela signifie que (...) ce processus doit être plus humain (Brown, 2010, p. 148).

Cela ne veut pas dire que le modèle de Kitcher soit faux. Il est simplement incomplet : il lui manque une épaisseur, en particulier dans sa conception de la manière dont les problèmes sont susceptibles d'être jugés significatifs au sein du champ scientifique. Pour reprendre notre conception hiérarchique de la situation, Kitcher ne considère pas sa *multidimensionalité* : la superposition des objectifs n'est pas bien prise en compte dans un graphe de signification, mettant sur le même plan des questions générales de pure curiosité, des questions plus précises liées aux théories scientifiques en cours, aux techniques à déployer et les enjeux pratiques qui y sont associés. Un modèle plus complet reconnaîtrait qu'il n'y a aucune raison de prendre pour élément de base d'un graphe de signification la réalisation d'un clonage de la brebis Dolly (pour reprendre l'exemple phare de Kitcher). En effet, ce clonage nécessite un savoir-faire technique et se base donc sur un grand nombre de pratiques expérimentales, qui peuvent toutes être soumises à des obstacles, qu'il faudra décider de surpasser ou non. Le vrai défi de la gouvernance n'est donc pas seulement de décider si oui ou non, on réalisera le clonage de la brebis Dolly, mais de suivre en continu le développement des pratiques dont il dépend et de juger si les problèmes relevés dans le cours de ces pratiques *valent la peine* d'être résolus. Encore faut-il rendre possible, au sein du champ scientifique, l'identification et la problématisation des indéterminations (résultats inattendus, obstacles, échecs, doutes) rencontrées au cours des différents types d'activités épistémiques développées dans les systèmes de pratiques scientifiques : la perspective pragmatiste donne donc des contraintes qui devront être prise en compte pour formuler nos conditions de pilotage.

Notons pour finir qu'une philosophie des sciences réellement pragmatiste, si elle se veut utile sur le plan de la gestion collective de la science, devrait être plus attentive que ne l'est le modèle de Kitcher à la diversité des types d'activités structurant les systèmes de pratiques scientifiques, ainsi qu'à la logique interne de l'enquête.

XI.2.2 L'expérience des indéterminations comme moteur de l'évolution des pratiques

La reconnaissance de cette logique interne conduit à valoriser le vécu des indéterminations comme moteur conditionnant l'identification de nouveaux objectifs et la naissance de nouvelles pratiques. Dans ce cadre, les obstacles rencontrés, les échecs subis, pourvus qu'ils soient correctement problématisés, sont en droit aussi porteurs que la reconnaissance des succès pour poser de nouvelles

questions de recherche aptes à faire évoluer les systèmes de pratiques.

Cette problématisation passe par la formulation d'hypothèses explicatives quant aux sources possibles des indéterminations vécues : insuffisance théorique, défaut technique, mauvaises conditions expérimentales, etc. Il est à noter que cette étape est d'autant plus *féconde* qu'elle s'inscrit dans une connaissance large des différentes pratiques en cours. Citons ici le cas, trivial, où un problème faisant obstacle au déploiement d'une pratique donnée a déjà été résolu dans un autre contexte. De manière moins immédiate, une observation, un résultat inattendu peut être considéré comme anecdotique au sein d'une pratique singulière, mais prendre de l'importance au regard d'autres pratiques. Rappelons que l'authenticité d'un problème, principe guidant sa tendance à donner lieu à une nouvelle question de recherche, dépend de l'*intérêt* qu'il présente pour ces systèmes de pratiques. Considérons par exemple l'échec d'une technique expérimentale T (le test d'un nouveau milieu de culture $M1$ pour une certaine lignée cellulaire L). Cette observation ne suffit pas, à elle seule, à définir un nouveau problème de recherche à résoudre : l'expérimentateur peut (avec raison) juger qu'il est plus pertinent d'abandonner cette voie et de revenir à la méthode M antérieure. Cependant, si l'on prend en compte d'autres pratiques, il est tout à fait possible que cette observation génère un problème dont la résolution a, explicitement, un intérêt en dehors de la situation singulière considérée : des observations similaires, réalisées sur cette même lignée L , avec d'autres milieux de culture $M2$, $M3$, $M4$, peuvent interroger la sensibilité de celle-ci à une molécule particulière présente dans les milieux $M1$, $M2$, $M3$, $M4$. Nous avons présenté un type de situation similaire dans nos développements sur l'histoire de la biologie moléculaire (chapitre VII, p. 279). Büchner, dans ses tentatives pour mettre au point une technique d'extraction de protéines de bactéries pathogènes, avait observé un processus de dégradation du glucose utilisé dans les solutions. C'est parce qu'il connaissait, indépendamment de sa pratique en cours, l'existence d'un débat sur les origines de la fermentation alcoolique, qu'il a fait de ce résultat anecdotique un problème authentique, ouvrant une nouvelle direction de recherche (l'étude de la fermentation acellulaire). Un effort d'intégration des systèmes de pratiques est donc susceptible de faire naître de nouveaux problèmes jugés intéressants à résoudre. Bien évidemment, l'intérêt d'un problème est toujours relatif et doit donc entrer dans une logique comparative. Nous verrons dans le chapitre suivant les modalités que cette dernière peut prendre.

XI.2.3 Problèmes exogènes et fécondité épistémique

Cette notion d'intégration ouvre sur un deuxième point important, portant sur les liens qu'entretiennent les systèmes de pratiques scientifiques avec les activités se déployant dans le reste du monde social. La question de la continuité entre les pratiques scientifiques et les pratiques liées au « sens commun » est un élément central et débattu de la philosophie pragmatiste. Au-delà des interrogations d'ordre ontologique portant sur le type d'image du monde que chacune nous fournissent (Gronda et Turbanti, 2017), l'hypothèse d'une structure commune à tout type d'enquête conduit à penser la possibilité d'une extension des systèmes de pratiques afin d'y intégrer les problèmes identifiés à l'extérieur du champ scientifique. D'une part, les demandes émanant des sphères économiques, sociales ou politiques peuvent (éventuellement) être connectées aux pratiques scientifiques en cours. Pour prendre des exemples immédiats, les questions liées au réchauffement climatique ou au traitement du cancer viennent orienter les pratiques en sciences du climat, ou en biologie cellulaire et moléculaire. Cette orientation, comme nous l'avons vu dans la partie 3, joue sur différents types de pratiques scientifiques, depuis les aspects les plus techniques de la recherche (le choix des conditions expérimentales, du matériel ou des objets utilisés²³⁵), jusqu'aux pratiques représentationnelles de plus haut niveau (par exemple, la critique du réductionnisme s'appuie en partie sur les échecs de la génétique et de la biologie moléculaire classique à trouver des traitements contre certaines pathologies, comme le cancer ou les troubles mentaux). D'autre part et réciproquement, il est (éventuellement) possible d'établir un lien entre l'identification de problèmes au sein du champ scientifique et leur potentiel importance dans le reste du monde social – d'où l'importance prise actuellement, dans les demandes de financement, par l'évaluation de « l'impact sociétal » des projets soumis (Haufe, 2013). L'adverbe *éventuellement* est ici central. Il évalue en effet le degré d'authenticité des problèmes identifiés : il existe sans aucun doute des questions de recherche n'ayant aucun lien réel (c'est-à-dire, dont le traitement serait susceptible de résoudre des problèmes existants, ou anticipés) avec les activités se déployant à l'extérieur du champ scientifique. Réciproquement, un grand nombre de questions posées hors de tout contexte de recherche peuvent (évidemment) se trouver être déconnectées des pratiques scientifiques réelles. Dans les deux cas, le couple authentique/spéculatif fournit un critère général pour penser l'*intérêt* d'un problème vis-à-vis des systèmes

²³⁵On peut se référer, ici, à l'étude des mutants métaboliques par Beadle et Tatum (p. 294) : le choix des milieux de culture testés était fortement lié aux besoins industriels du moment, en particulier dans le domaine de la nutrition. De même, la recherche d'une technique d'extraction des protéines bactériennes par Büchner, ayant conduit à la découverte de la fermentation acellulaire, était motivée par des enjeux médicaux.

de pratiques internes ou externes au champ scientifique. Le point important est que l'importance épistémique d'une intégration des systèmes de pratiques pour faire naître des problèmes nouveaux s'applique également lorsque l'on prend en considération les pratiques extérieures au champ scientifique. Deux arguments principaux peuvent être invoqués à l'appui de cette thèse.

Le premier, immédiat, consiste à souligner que les problèmes exogènes peuvent conduire à intégrer de nouveaux objets au sein de pratiques existantes. Les exemples, ici, ne manquent pas, à commencer par les études de cas proposées par les avocats de la *finalization thesis* pour illustrer la dynamique de la phase post-paradigmatique. Nous avons étendu et complexifié ce modèle, dans la partie 3, pour le cas des objets biologiques complexes, afin de montrer comment ces processus d'intégration avaient pu jouer positivement sur la productivité épistémique de la recherche. Citons pour mémoire les travaux de Beadle et Tatum sur les liens entre les gènes et les enzymes du métabolisme, menés en collaboration avec l'industrie agro-alimentaire ; la mise en évidence de la fermentation acellulaire par Büchner dans le cadre de la conception d'un vaccin ; les travaux de génétique conduits dans les stations de recherche agricole aux États-Unis, avec par exemple la redécouverte des lois de Mendel par Spillman ; le rôle des intérêts médicaux et agro-alimentaires dans le développement du génie génétique et les découvertes fondamentales permises par ce dernier (la structure en mosaïque des gènes eucaryotes) ; l'identification des mécanismes de régulation génétique impliquant les ARN interférents sur la base des travaux de Napoli et Jorgensen au sein de la DNA Plant Technology Company.

Un deuxième type d'argument est lié à la mise en évidence d'une *inertie pratique* comme principe régulateur de l'évolution des systèmes de pratique. Comme nous l'avons suggéré et illustré (notamment avec le cas de la découverte des ARNi) dans la partie 2, on peut s'attendre à ce que l'importation de problèmes exogènes vis-à-vis de cette logique interne de l'enquête conduite à un renouvellement des pratiques et à l'identification de nouveaux objectifs possibles pour la recherche. Si toute enquête tend avant tout à stabiliser les réseaux d'objectifs structurant le champ scientifique, alors la pression exercée sur la recherche depuis des espaces qui lui sont extérieurs est par nature opposée à son inertie interne. Bien entendu, encore une fois, ce rôle positif joué par les problèmes exogènes ne se manifeste que s'ils constituent des problèmes véritablement authentiques, c'est-à-dire reconnus comme pleinement intégrés dans les systèmes de pratiques en place. Les recherches menées par Jorgensen et Napoli sont ici exemplaires. Le phénomène de co-suppression constituait un problème ayant un haut degré d'authenticité, car il avait une importance à l'extérieur du champ

scientifique (intérêts agronomiques), mais s'intégrait également aux diverses pratiques scientifiques : dans leurs aspects techniques, tout d'abord (pour les protocoles de transgénèse et de manipulation de l'expression génétique), mais également plus théoriques ou représentationnels, localement (régulation par les ARN) ou plus globalement (compréhension des mécanismes moléculaires de la régulation de l'expression génétique). Comme nous l'avons noté dans la partie 3, la reconnaissance de l'intérêt agronomique des recherches sur le phénomène de co-suppression a fortement joué sur le développement de la voie de recherche ouverte par Jorgensen et Napoli.

Armés de ces quelques rappels, venons en à la formulation de nos trois conditions théoriques de pilotage.

XI.3 Condition 1 : un équilibre vertical entre liberté et pilotage

La condition imposant un équilibre que nous qualifions de vertical (par opposition à l'équilibre horizontal) entre liberté et pilotage repose sur la remarque suivante : s'il est nécessaire de reconnaître le processus de recherche comme une source propre d'indéterminations, il faut également acter le fait qu'un problème ou question de recherche n'est spontanément formulé que s'il s'intègre à un ou des systèmes de pratiques qui en définissent l'intérêt. En conséquence, il n'y a pas dans ce cadre de bénéfice épistémique à ménager un espace pour des projets plus libres, échappant à une évaluation au regard des systèmes de pratiques existants. Il nous semble ainsi que l'équilibre horizontal, défini dans la section précédente, est un reliquat d'une certaine conception de la logique de l'enquête mettant en valeur la notion d'*exploration*. En effet, il n'est pertinent de financer des recherches hors-orientation (programme Blancs, allocation aléatoire, bourses exploratoires) *que* si l'on suppose que des projets authentiquement exploratoires, sortant largement des systèmes de pratiques en cours, existent véritablement. Or, nous avons montré dans les parties précédentes que cette notion d'exploration ne rendait pas bien compte de la dynamique réelle de l'enquête, qui tend à ne définir spontanément que des questions de recherche présentant un intérêt objectif (collectivement reconnu) au sein des systèmes de pratiques en cours. Précisons ce point.

Il est frappant de constater que les programmes finançant ces bourses alternatives « exploratoires » insistent sur le caractère *préliminaire* des recherches associées. C'est notamment le cas, nous l'avons vu, des programmes R21 (NIH) et SGER (NSF). Cette rhétorique est construite sur deux hypothèses d'arrière-plan. La première pose que de nouveaux champs de recherche, ou de nouvelles méthodes, peuvent émerger comme radicalement *nouveaux*, c'est-à-dire sans être intégrés aux

intérêts existants, d'une part et aux savoirs disponibles, d'autre part. La seconde suggère qu'outre ces projets exploratoires, la plupart des projets peuvent être menées de manière très linéaire et programmatique et ne nécessitent pas d'espace pour aller et venir entre différentes approches, techniques, ou méthodes. Il nous semble que ces deux hypothèses sont fautives, en ce qu'elles simplifient la dynamique de la recherche : les différents niveaux de pratiques scientifiques, des plus techniques au plus conceptuels ou représentationnels, sont insérés dans des réseaux complexes qui leur donnent leur signification, d'une part, mais conditionne également la formulation permanente de nouveaux problèmes au cours du processus même de la recherche. Dans cette perspective, s'il n'existe pas ou peu de projets qui soient réellement isolés, toute recherche possède une part d'imprévisibilité quant aux pratiques qu'elle sera susceptible d'affecter ; et l'identification de ces pratiques peut nécessiter une part de test, de tâtonnement, d'écart vis-à-vis des directions initialement prévus, amenant à la formulation de problèmes nouveaux. Comme le notent O'Malley *et al.* (2009) :

[Ces] programmes [R21 et SGER] sont très explicites quant à la focalisation sur des approches nouvelles ou des idées *out-of-the-box*. Le problème avec ces définitions est qu'elles traitent les activités non conduites par hypothèses comme préliminaires, alors qu'elles sont profondément importantes pour toute recherche en cours. En séparant les bourses exploratoires des bourses standards et en limitant les premières aux étapes préliminaires de la recherche, ces politiques de financement peuvent décourager les chercheurs de faire des aller et retours entre différentes approches lorsqu'ils développent leurs projets (p. 613).

Finalement, la co-existence de programmes orientés, axés sur le test d'hypothèses et d'appels à projets conçus comme innovants, préliminaires et exploratoires, place trop de contraintes d'un côté et trop peu de l'autre.

Ici, il est également intéressant de revenir plus en détail sur la critique faite par Haufe (2013) et O'Malley *et al.* (2009) des modalités d'attribution des fonds par le NIH et la NSF, donnant priorité aux projets proposant l'évaluation d'une hypothèse. Bien que critiquant également cette politique d'équilibre horizontal, ils restent ambigus quant à la notion de recherche « exploratoire ». Pour ces auteurs, les formes de pilotage proposées par le NIH et la NSF sont en effet fautives car elles ne permettent pas réellement de financer cette recherche « exploratoire ». Ils illustrent ce dernier concept en mobilisant l'exemple de la collecte massive de données en biologie moléculaire contemporaine (Burian, 2007). L'utilisation du terme *exploratoire*, repris par Waters (2007) pour désigner ce type de recherche, est trompeuse. En effet, si les travaux menés en génomique et en protéomique s'écartent bien d'une démarche de test d'hypothèse, ils n'en sont pas moins intégrés dans un sys-

tème de pratiques leur donnant leur intérêt (leur *signification*, dans une perspective kitcherienne). Ils ont ainsi pour finalité de répondre à une série de questions précises, portant sur les mécanismes de régulation de l'expression génétique (notamment, par les ARNi), leur rôle dans le développement et l'évolution, etc. Burian (2007) offre ainsi un panorama complet de l'intérêt estimé, évaluable, de ces recherches dites « exploratoires ». De même, les autres types de recherche cités par O'Malley *et al.* (2009) comme des exemples de démarches marginalisées par les modalités actuelles d'attribution des financements n'en sont pas moins évaluables, en droit. Ainsi, les « recherches conduites par questions ouvertes », ou « orientées par la technologie » (visant, par exemple, à utiliser une nouvelle technologie pour collecter des données) ne sont pas pour autant déconnectées des systèmes de pratiques : dans ce sens, elle ne sont pas véritablement exploratoires.

Plus largement, la recherche d'un équilibre horizontal au sein des agences de financement (recherche qui, nous l'avons vu, insiste souvent explicitement sur le développement de projets innovants, ou exploratoires), n'est donc pas en adéquation avec les contraintes épistémiques que nous avons mises au jour. Elle suppose en effet que les chercheurs tendent à proposer, fréquemment, des projets de recherche dont l'intérêt est, en soi, impossible à estimer. Contre cette idée, nous suggérons qu'un travail efficace d'intégration et de mise en commun des problèmes endogènes et exogènes peut permettre une évaluation fiable de la pertinence d'un projet de recherche donné. Cela implique d'avoir à disposition une bonne connaissance des systèmes de pratiques en cours. Bien entendu, la configuration actuelle de l'évaluation par les pairs et plus généralement les modalités institutionnelles de distribution des fonds ne sont pas nécessairement adaptés à cette optimisation de l'évaluation. Cependant, nous suggérons que l'équilibre horizontal ne l'est pas non plus. Ce dernier tend en effet à orienter trop rigidelement une partie de la recherche (avec une préférence pour le test d'hypothèses, de fortes contraintes temporelles, une aversion au risque, une impossibilité de réorienter la recherche pour bien poser des problèmes nouveaux) et à trop libérer la fraction restante (en faisant l'hypothèse d'une recherche exploratoire dont l'intérêt n'est pas évaluable). Contre cet équilibre horizontal, nous proposons donc de mettre en valeur l'idée d'équilibre *vertical*, au sein duquel (A) aucun projet ne s'inscrit en dehors d'un pilotage, mais (B) les conditions de ce pilotage sont aménagées de manière à rendre possible la formulation de nouvelles questions de recherche sur la base des indéterminations rencontrées. Il nous semble que cette forme d'équilibre est plus en adéquation avec les propriétés épistémiques de la dynamique de recherche, à savoir (i) une inertie pratique limitant la formulation de problèmes ne présentant pas d'intérêt visible au regard des pratiques en cours et (ii) le fait que

le processus d'enquête soit lui-même une source d'indéterminations. Cette condition possède trois corollaires : (a) garantir, au niveau individuel, un espace de liberté suffisant pour mener à bien cette activité ; (b) valoriser, dans l'évaluation de la recherche, l'identification d'indéterminations et de nouvelles questions de recherche (et pas simplement le succès de l'objectif prédéfini) ; (c) avoir à disposition une image fidèle (la plus fidèle possible) de l'état des pratiques scientifiques, incluant les indéterminations majeures (échecs, obstacles, doutes) rencontrées. Nous reviendrons, dans le dernier chapitre, sur les modalités possibles de la mise en œuvre pratique de cet équilibre vertical – et notamment, sur les améliorations possibles du système actuellement mis en place à l'ANR.

Bien évidemment, la relaxation des contraintes liées au pilotage peut prendre des formes distinctes en fonction des disciplines, des contextes (volume des ressources allouées, etc.). Il nous semble que la complexité des objets étudiés peut ici être un critère important à prendre en compte.

Un premier amendement peut dès lors être immédiatement opposé à la généralité de la précédente condition : il existe une forte variabilité entre les disciplines, spécialités, objets étudiés dans l'émergence d'indéterminations. Un bon indicateur de cette variabilité est le taux de *reproductibilité* estimé des résultats publiés dans différents champs. Comme le souligne le rapport Corvol (2016) portant sur « la charte nationale d'intégrité scientifique », il existe actuellement au sein de la littérature scientifique « une recherche non reproductible dont le caractère varie selon les domaines de recherche et les méthodologies employées » (p. 13). La recherche biologique et biomédicale semble particulièrement touchée (Macleod, 2014), ainsi que certains domaines des sciences humaines, comme la psychologie (Collaboration, 2015). Cette recherche non reproductible peut être liée, en dehors des fraudes scientifiques avérées, à « une mauvaise méthodologie de recherche et l'absence de rigueur scientifique non intentionnelle (utilisation inadéquate de tests statistiques, matériel expérimental inapproprié, effectif de patients insuffisant, etc.) » (*Id.*). Une vaste littérature s'est développée sur le sujet depuis une dizaine d'années, ayant pour finalité de décrire le phénomène et de proposer des solutions. Nous ne rentrerons pas ici dans le détail de ces travaux, mais notons qu'une des causes généralement avancées pour expliquer la prégnance de la non reproductibilité dans certains champs scientifiques contemporains est la pression mise sur l'obtention de résultats positifs, dans un contexte de *publish or perish* (Ioannidis, 2005). Cette pression incite à privilégier les techniques, méthodes, conditions expérimentales, ou les types de questions rendant possibles la publication de tels résultats positifs. Réciproquement, les difficultés rencontrées (obstacles techniques, échecs expérimentaux) ne sont pas considérées comme des données épistémiquement importantes à rapporter.

Plusieurs solutions ont pu alors être avancées pour traiter cette *replication crisis*. L'une d'entre elles propose de soumettre les méthodes et les modes de collecte des données à une évaluation plus rigoureuse par les pairs, qui passerait par la publication de rapports d'expérience détaillés (Chambers, 2015 ; Nosek *et al.*, 2018). Citons également la possibilité de réduire la *p-value* limite permettant de décider du caractère statistiquement significatif des résultats obtenus (Benjamin *et al.*, 2017), ou encore de financer des études visant à répliquer les résultats publiés (NWO, 2016).

Il nous semble cependant que les causes de cette crise de la reproductibilité et ses solutions éventuelles ne peuvent être complètement appréhendées sans une pensée d'ordre ontologique. La variabilité de cette non reproductibilité indique en effet que la *nature* des objets étudiés joue certainement un rôle. Ainsi, certains auteurs ont pu noter que « la nature complexe et chaotique des systèmes biologiques impose des limites à la répliquabilité des expériences scientifiques » (Casadevall, 2010). Ce jugement est consistant avec les analyses que nous avons menées précédemment. Nous avons en effet défini la complexité d'un phénomène comme le fruit du caractère multi-causal de ses déterminations et montré que cette diversité des chemins causaux était favorable à l'émergence d'observations inattendues dans le cours de la recherche. En cause, la difficulté à isoler parfaitement le phénomène étudié, à contrôler la stabilité des conditions expérimentales et l'intervention de mécanismes causaux inconnus au sein du système en question. Plus généralement, on peut faire l'hypothèse qu'un processus de recherche impliquant des objets complexes est particulièrement sensible à l'émergence d'indéterminations, que celles-ci désignent des obstacles techniques, des observations non prévues, ou des doutes théoriques. Ainsi, la recherche en biologie cellulaire ou en biomédecine, impliquant de cultiver des cellules vivantes/des organismes vivants, d'intervenir sur des réseaux de régulation toujours partiellement inconnus, tend à fournir naturellement des résultats moins reproductibles que des expériences menées sur des systèmes susceptibles d'être affectés par un nombre limité de chemins causaux. Dans ce cadre, une pression mise sur la publication de résultats positifs risque fort de faire surgir un grand nombre de « faux-positifs ». Ces derniers seraient ainsi le fruit d'une attention trop forte accordée à la réalisation d'un objectif pré-défini (test d'une hypothèse, de l'effet d'une molécule, etc.), au dépend de l'identification et de la problématisation des indéterminations vécues ou anticipées dans le cours de la recherche. Finalement, la variabilité (observée) des taux de non-reproductibilité ne serait alors, dans une perspective pragmatiste, que la traduction très concrète d'une plus ou moins grande tendance à générer des indéterminations.

Cette remarque est importante au regard de notre première condition de pilotage. Si tous les domaines d'études n'ont pas la même probabilité de générer des indéterminations, alors tous ne nécessitent pas le même degré d'application de cette condition. Si l'on suit les analyses précédentes, les études menées sur des objets identifiés comme complexes devraient alors valoriser d'autant plus l'identification et la problématisation des obstacles, échecs, doutes vécus dans le cours du processus de recherche. Autrement dit, l'intensité de la pression d'orientation exercée par le pilotage (attention au résultat final, possibilité de ré-orienter l'enquête, temps de financement) doit être adaptée à la nature des objets. Plus ces derniers sont complexes (c'est-à-dire, plus ils impliquent de chemins causaux distincts, appartenant éventuellement à différents niveaux d'organisation), plus cette pression exercée sur l'individu ou le groupe de chercheurs porteur d'un projet donné doit être relâchée.

XI.4 Condition 2 : reconnaissance de la diversité et de l'interconnexion des pratiques

L'équilibre horizontal privilégié actuellement par les agences de financement a pour objectif (de tenter) de refléter la diversité des types de recherche. Comme nous l'avons montré, cette tentative est pour le moins maladroite, car elle plaque sur les pratiques scientifiques une structure *ex-ante* ne prenant pas en compte la structure réelle des systèmes de pratique. Les critiques faites par O'Malley *et al.* (2009) et Haufe (2013) (chapitre X) permettent de saisir les mécanismes par lesquels le pilotage peut homogénéiser à l'excès les types de projets financés. Un pilotage acceptable au niveau épistémique doit donc rendre justice à cette diversité des types de pratiques : évaluation d'une hypothèse, certes, mais aussi collecte de données, mise au point d'instruments de mesure et de protocoles expérimentaux, affinement de modèles explicatifs, etc. Nous proposons, pour ce faire, une condition de financement posant la nécessité d'accorder moins de place à l'évaluation par les pairs pour la sélection des projets et de privilégier une évaluation plus décentralisée. Celle-ci doit impliquer un plus grand nombre d'acteurs, de manière à constituer un ensemble plus représentatif des pratiques en cours dans les différentes communautés scientifiques. Cette condition s'oppose, rappelons-le, à la solution souvent prônée consistant à faire coexister plusieurs types de programmes d'allocations. Elle découle de deux thèses que nous formulons ici et qui se déduisent directement de nos analyses épistémologiques : aucune diversification des programmes de financement ne permettra de refléter de manière efficace la variété des pratiques ; réciproquement, il est tout de même possible la plupart du temps d'évaluer de manière objective l'intérêt d'un projet (c'est-à-dire, son authenticité ou sa signification). Cette évaluation ne peut alors être fiable qu'en décentralisant plus qu'à l'heure ac-

tuelle l'évaluation de la qualité des projets.

Une telle décentralisation, qui doit générer la diversification du bagage scientifique des individus amenés à se prononcer sur la valeur d'un projet, a également pour objectif de faciliter la mise au jour des interconnexions existant à différents niveaux (technique, théorique, etc.) entre systèmes de pratiques. Nous proposerons dans le chapitre suivant quelques modalités pratiques de financement permettant d'appliquer cette condition théorique. Notons, de manière générale, que la reconnaissance de la diversité et de l'interconnexion des pratiques doit amener à une meilleure appréciation de l'intérêt *objectif* des projets proposés.

XI.5 Condition 3 : participation des publics au pilotage

La question de la *participation* du public, ou « des » publics, à la construction des connaissances scientifiques, fait aujourd'hui l'objet d'une attention soutenue, tant au sein de la littérature spécialisée en philosophie des sciences ou dans les STS, que dans la sphère politique. Ainsi, d'une part, de nombreux travaux en philosophie ou sociologie des sciences insistent sur la participation comme exigence normative de *responsabilisation* de la recherche et de l'innovation (portée par la notion de RRI, Owen *et al.* (2013)) ou outil d'*empowerment* des citoyens (Mielke *et al.*, 2017) ; de nombreuses études s'intéressent également aux conceptions que développent les scientifiques eux-mêmes quant à l'intérêt et aux limites de la participation citoyenne (Golumbic *et al.*, 2017). Enfin, sont également interrogées certaines conséquences épistémiques d'une ouverture de la production des connaissances et des expertises à des publics variés (Demeritt, 2012). Cette dernière dimension est particulièrement étudiée dans des domaines sensibles aux controverses sociotechniques, comme les sciences de l'environnement. Les enjeux politiques et épistémologiques de la participation citoyenne y sont analysés, depuis plusieurs décennies, dans des cas précis, comme la fracturation hydraulique (Willow et Wylie, 2014), la déforestation (Fairhead et Leach, 1996) ou les inondations (Whatmore, 2009). C'est d'ailleurs dans ce cadre que la notion de « science citoyenne » (*citizen science*) a vu le jour, sous la plume de Irwin (1995). Dans le souci d'acquérir une vision normative plus systématique des modalités de l'implication citoyenne, les principaux instituts scientifiques, en France et dans le monde, ont développé des programmes de recherche travaillant à cerner la portée et les limites de la participation du public à la construction des savoirs. Par exemple, à cette fin, le CNRS et l'alliance ATHENA ont fondé un groupe prospectif de réflexion sur les sciences participatives, dont l'une des finalités explicites est de penser le progrès conjoint de la participation citoyenne *et* de l'objectivité

scientifique (GPRO, 2015).

Outre ces travaux académiques, la notion de participation suscite un fort intérêt dans le champ politique. Ainsi, en France, de nombreux rapports publics ont pu être produits sur le sujet, qui tentent d'établir un état de l'art de la variété des pratiques que recouvre la notion de « science participative » et de proposer des principes devant guider leur développement. Citons ici, en guise d'exemple, le rapport du comité d'éthique du CNRS sur les « sciences citoyennes », paru en 2015 (Comets, 2015), ou le rapport de François Houllier (Houllier, 2016), commandité par le Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche : « Les sciences participatives en France : État des lieux, bonnes pratiques et recommandations ». Un apport important, au niveau descriptif, de ces démarches de synthèse, est de mettre en évidence la diversité des types de participation actuellement mises en œuvre en France et dans le monde. L'analyse scientométrique menée dans le cadre du rapport de Houllier permet ainsi de dégager trois catégories : les « sciences citoyennes » (implication d'amateurs dans la collecte et l'analyse de données²³⁶), la « community-based research » (travail des chercheurs en collaboration avec des groupes concernés pour diagnostiquer et résoudre des problèmes qui les affectent²³⁷) et les « recherches participatives » (collaboration des chercheurs à la résolution de problèmes auxquels sont confrontés des groupes de citoyens ou de professionnels²³⁸).

Notons que, dans le cadre de ce travail de thèse, nous entendons la notion de *public* dans le sens que lui donne Dewey (1927). Ainsi que le rappellent Marres et Rogers (2005), un public est conçu dans ce cadre comme « un ensemble d'acteurs collectivement affectés par un problème » (p. 929). Au sein de ces publics, on peut en première approximation différencier, par exemple à la suite de Kitcher (2010) [2001], ce qu'il est convenu d'appeler les « parties-prenantes » (*stakeholders*) et les « citoyens ordinaires » (*ordinary citizens*). De manière classique dans la littérature contemporaine portant sur le thème de la délibération citoyenne, les premiers correspondent aux individus ou

²³⁶De bons exemples de telles sciences citoyennes peuvent être trouvés sur les plateformes Zooniverse (<http://www.zooniverse.org/> (consulté le 2 septembre 2018)) ou CitizenScience (<http://citizenscience.org/> (consulté le 2 septembre 2018)), regroupant des projets collaboratifs faisant appel à une collecte de données par des citoyens ordinaires.

²³⁷On trouve, dans cette catégorie, les projets menés en médecine sous l'impulsion de groupes de patients (le Groupe de réflexion avec les Associations de malades de l'Inserm, par exemple).

²³⁸Le rapport Houllier donne ici des exemples dans les domaines de l'agriculture (sélection participative à l'INRA : <http://selection-participative.cirad.fr/> [consulté le 2 septembre 2018]) et de l'énergie (projet COMEPOS : <http://www.comepos.fr/> [consulté le 2 septembre 2018]).

groupes intervenant explicitement pour influencer le traitement d'un problème et/ou possédant une expertise particulière à son propos. Les seconds correspondent aux individus ne se sentant pas concernés par un problème et/ou n'ayant aucune connaissance particulière à son sujet (Crane *et al.*, 2004 ; Kahane et Lopston, 2013). De manière générale, nous proposons donc de considérer ici la notion de participation comme un appel à identifier et formuler des problèmes affectant effectivement ou potentiellement un groupe de personnes, que ces derniers en aient ou non conscience. Un public est donc susceptible de *participer* dans la mesure où il est apte à rendre visible un problème qui l'affecte. Notons également que nous ne précisons pas ici la nature de ces publics : groupes de citoyens, acteurs économiques, etc.

Nous avons montré précédemment comment la prise en compte de tels problèmes exogènes pouvait jouer positivement sur la fécondité épistémique de l'enquête, en permettant l'identification de nouvelles questions de recherche (partie 3). Le point important ici est que cette thèse est valable si et seulement s'il y a une véritable intégration de ces problèmes exogènes au sein des pratiques de recherche existantes. Cette intégration des problèmes consiste à les formuler de manière à ce qu'ils puissent être reliés aux problèmes endogènes sous-tendant les activités épistémiques ayant cours. Nous avons donné plusieurs exemples de telles intégrations réussies : citons le cas des expériences de Beadle et Tatum, utilisant des milieux de culture déplétés en vitamines (intérêt industriel) pour démontrer la relation un gène/une enzyme (p. 294). La découverte et l'étude du phénomène de co-suppression chez les plantes par Jorgensen et Napoli (relié aux recherches sur la régulation génétique par les ARN antisens) relève elle aussi d'une intégration de problèmes exogènes qui s'est révélée féconde sur le plan épistémique.

La richesse de cette dynamique d'intégration prend tout son sens dans le cadre d'une description *hiérarchique* des systèmes de pratiques. En effet, si l'on opte pour une vision multidimensionnelle des objectifs de la science, depuis les activités les plus techniques jusqu'aux activités représentationnelles les plus théoriques, il est possible de mettre au jour la densité des interconnexions entre problèmes endogènes et exogènes. L'enchâssement de différents niveaux de pratiques, motivées chacune par des objectifs internes et des fonctions externes (Chang, 2014), ménage ainsi de nombreuses possibilités d'interactions entre la logique interne du processus de recherche et les questions, besoins, demandes identifiées hors du champ scientifique. Les exemples développés dans les parties précédentes ont illustré la mécanique de ces interactions.

À quelles conditions la participation du public, ou plutôt des publics, peut-elle alors être épis-

témiquement positive ? Comme nous l'avons relevé, le point important ici est de s'assurer que la formulation des problèmes exogènes mette en relief les liens qu'ils entretiennent avec l'état des pratiques internes au champ scientifique, c'est-à-dire des processus de recherche en cours. Il y a ici, très certainement, un effort de synthèse à réaliser, permettant de passer de l'identification d'une question, demande, problème exogène à un problème *authentique*, intégré dans les systèmes de pratiques existants. Bien entendu, les modalités pratiques de cette phase d'intégration sont loin d'être évidentes à optimiser : les mécanismes présentés dans le chapitre précédents, incluant l'élaboration des plans d'action de l'ANR et les expériences européennes comme CIVISTI ou CIMULACT constituent autant de tentatives allant dans ce sens. L'objectif de cette section n'est pas de suggérer des formes institutionnelles de participation des publics, mais bien plutôt de montrer pourquoi cette participation constitue une (troisième) condition idéale du pilotage, *dans la mesure où* elle est pensée comme un mécanisme d'identification de problèmes exogènes qui pourront être intégrés aux pratiques en cours. Dans ce cadre, mettre en avant la participation comme une condition théorique de pilotage ne conduit pas nécessairement à donner la priorité à la résolution de problèmes strictement utilitaires par rapport à l'acquisition de connaissances fondamentales, mais offre l'opportunité d'identifier de nouvelles directions de recherche pouvant contribuer à la croissance de ces connaissances fondamentales.

XI.6 Quelques conséquences immédiates

Les conditions que nous avons proposées ici sont des conditions théoriques émergeant des analyses épistémologiques menées dans les parties précédentes. En cela, elles peuvent contribuer à définir une structure de base pour le pilotage de la recherche et permettre d'évaluer le degré d'adéquation des institutions existantes avec les contraintes propres à l'activité scientifique. Cette section a pour objectif d'initier un mouvement d'application de ces conditions. Il s'agit pour ce faire de mettre au jour quelques-unes de leurs conséquences générales sur les formes du pilotage. Nous avons choisi deux voies d'entrée : les modalités de la publication et de la dissémination des résultats ; et la notion de « slow science ». Nous poursuivrons ce mouvement dans le chapitre suivant, qui aura pour but de présenter des solutions pratiques pour mettre en œuvre nos conditions théoriques de pilotage.

XI.6.1 Politiques de publication

Les dynamiques de publication scientifique sont l'objet d'une attention soutenue, depuis plusieurs années, de la part des philosophes, sociologues et économistes s'intéressant à la production et

à la diffusion des savoirs produits dans les sphères académiques et/ou commerciales (Gingras *et al.*, 2008 ; Larivière et Gingras, 2010 ; Origgi et Ramello, 2015). La croissance marquée, durant les dernières décennies, de la quantité de publications en circulation (Jinha, 2010) s'est accompagnée d'une accentuation de leur rôle dans l'évaluation de la productivité des chercheurs et des institutions dans lesquels ils travaillent (Davis, 2009, Migheli et Ramello (2013)). Dans ce cadre, comme le rappelle Origgi, la fameuse injonction *publish or perish*, devenue symbole de la place prise par la dynamique de publication au sein des carrières scientifiques, s'est imposée sans pour autant être justifiée sur le plan épistémologique :

Par exemple, l'idée de l'article comme format privilégié de la distribution des connaissances ne repose pas sur le fait qu'il soit le véhicule le plus optimal, ni sur le fait qu'il soit le moyen le plus juste de distribuer du crédit – en particulier, si on considère les problèmes réguliers d'attribution des auteurs et les possibilités technologiques de développer des formats alternatifs. En fait, l'importance du *paper* dépend surtout de sa centralité comme unité de base dans le système des citations et dans le modèle commercial des éditeurs (Origgi et Ramello, 2015, p. 7).

Autrement dit, les formes prises actuellement par la dynamique de publication sont en grande partie liées à des enjeux non épistémiques, extérieurs à la production des connaissances elle-même. En conséquence, il est sans doute nécessaire non seulement de caractériser les conséquences et les effets, sur l'activité scientifique, des politiques de publication, mais également de repenser, plus fondamentalement, des modalités de dissémination des résultats plus conformes à la logique de la recherche.

Plusieurs caractéristiques des systèmes actuels de publication sont ainsi critiquées dans la littérature dont Origgi et Ramello (2015) proposent la recension. Parmi les principales, on trouve l'importance du classement bibliométrique, basé notamment sur le facteur d'impact et qui est devenu « un étalon pour évaluer une contribution scientifique et donc ses auteurs » (p. 9). Un point intéressant à relever ici est que ce mode d'évaluation est largement reconnu comme biaisé dans la mesure où « il existe des preuves empiriques selon lesquels un facteur d'impact élevé résulte usuellement d'une petite fraction d'articles recevant le gros des citations, alors que d'autres, même publiés dans de bons journaux, n'en reçoivent aucune (Laband, 2013) » (p. 10). Le facteur d'impact ne reflète donc que peu l'*intérêt* réel des résultats publiés dans un journal (le fait qu'ils répondent à des problèmes importants pour une communauté donnée). D'autre part, la valeur des indices bibliométriques est également affectée par l'existence de *distorsions volontaires* (Triggle et Triggle, 2007)

du taux de citations, visant à augmenter artificiellement l'impact d'un article ou d'un chercheur : auto-citation, attributions multiples, etc. Ces pratiques, motivées par l'importance de la dynamique de publication dans l'évaluation, l'allocation de ressources et de crédit professionnel, faussent donc l'importance réelle, au sein des systèmes de pratiques existants, d'un résultat donné. Elles contribuent donc à empêcher l'ensemble des publications en circulation de constituer une image fidèle de l'état des savoirs et des pratiques.

Un autre phénomène mérite ici d'être évoqué, qui est largement reconnu comme un frein à l'optimalité épistémique du système actuel de publication : la focalisation sur les résultats positifs, c'est-à-dire sur la mesure d'effets statistiquement significatifs, au détriment des résultats négatifs (absence d'effets). Cette critique est ancienne (Sackett, 1979) mais est aujourd'hui abondamment reprise, dans le cadre de ce qu'on a pu appeler la « crise de la reproductibilité » survenue à partir des années 2010 (Baker, 2016). Deux causes sont en effet souvent avancées pour expliquer ce défaut de reproductibilité des résultats observés dans différents champs scientifiques (notamment, en biomédecine) : « l'envahissante injonction *publish or perish* dans l'environnement scientifique » (Jarvis et Williams, 2016, p. 291), d'une part et « le manque de données concernant les échecs à reproduire des résultats publiés » (p. 290) d'autre part. La course à la publication pousse ainsi à faire circuler des résultats obtenus avec des outils statistiques inappropriés, des échantillons de trop petite taille, ou des expériences mal contrôlées ; la focalisation sur les résultats positifs accentue ce phénomène, en décourageant les chercheurs de publier d'éventuels échecs à reproduire un résultat publié (Joober *et al.*, 2012 ; Begley et Ioannidis, 2015). Notons que quelques journaux ont été ouverts, spécifiquement dédiés à la publication de résultats négatifs ou non conclusifs²³⁹, démontrant la prégnance du problème dans la sphère scientifique. Ils restent cependant très à la marge et aujourd'hui comme il y a dix ans, « les découvertes négatives sont toujours une faible priorité pour la publication et il est nécessaire de les rendre plus attractives » (O'Hara, 2011, p. 449). Sans s'interroger ici sur la pertinence des solutions proposées dans la littérature, arrêtons-nous un instant sur la valeur épistémique de ces « découvertes négatives » : pourquoi, finalement, devraient-elles être mises en avant ?

Tout résultat négatif n'a évidemment pas d'*intérêt* à être connu et divulgué, de la même manière que tous les résultats positifs ne sont pas non plus pertinents dans une situation donnée (au

²³⁹Voir <http://blogs.plos.org/everyone/2015/02/25/positively-negative-new-plos-one-collection-focusing-negative-null-inconclusive-results/> (consulté le 2 septembre 2018), ou <http://www.negative-results.org/> (consulté le 2 septembre 2018).

sein d'un certain système de pratiques). Dans la perspective pragmatiste qui est la nôtre, un effet statistiquement significatif sera pris en compte s'il possède une certaine importance dans le contexte scientifique où il est mis en évidence (s'il constitue une réponse/une avancée vis-à-vis d'un problème authentique). Un résultat négatif suit la même logique épistémique : il est susceptible d'éveiller la curiosité des chercheurs uniquement s'il s'intègre aux pratiques en cours (par exemple, s'il entre en contradiction avec une connaissance bien établie et/ou souvent utilisée). Dans ce cas, sa circulation en tant que donnée scientifique est épistémiquement positive : elle permet (éventuellement) de soulever un nouveau problème authentique et donc d'accroître la fécondité épistémique de la recherche.

Plus largement, il est certain que la focalisation sur les résultats positifs entre en conflit avec les analyses que nous avons menées dans les parties précédentes. Si la formulation de nouvelles questions de recherche est (au moins pour partie) liée à l'identification et à la problématisation d'indéterminations, alors les échecs, obstacles rencontrés peuvent permettre de soulever des problèmes authentiques – dont la formulation présente(ra)it un intérêt pour les pratiques en cours. Notre hypothèse est que la dynamique actuelle de publication pourrait ainsi tendre à renforcer l'*inertie* interne du champ scientifique, en détournant l'attention des chercheurs de sources possibles d'indéterminations. Il nous semble que cette perspective offre donc une interprétation nouvelle des critiques récurrentes adressées aux modes contemporains de diffusion des résultats scientifiques.

Sans en déduire ici de solutions permettant de rendre les systèmes de publication plus fidèles à l'état des pratiques scientifiques, il nous semble cependant que cette perspective ouvre sur une critique possible de certaines voies prises actuellement pour remédier au problème. En particulier, comme nous l'avons noté plus haut, certains journaux ont fait le choix de publier spécifiquement des résultats négatifs. C'est le cas, par exemple, du *Journal of Negative Results in Biomedicine*, du *Journal of Negative Results — Ecology and Evolutionary Biology* et du *Journal of Articles in Support of the Null Hypothesis* en psychologie. Sans être dupe de la part de provocation qui motive ces démarches, il peut être intéressant de les prendre au sérieux afin d'évaluer leur utilité possible.

Ces initiatives impliquent une distinction épistémique entre résultats positifs et résultats négatifs. Or, à partir du moment où un résultat présente un *intérêt* pour un système de pratiques, sa nature (positive ou négative) n'a pas d'importance : seul compte le problème authentique qu'il permet d'identifier. Publier des résultats négatifs pour eux-mêmes n'a pas grand sens : tout comme un résultat positif, un résultat négatif n'a d'importance épistémique qu'une fois explicitée son insertion dans les pratiques existantes. Pour le dire autrement, si l'on considère que la division des journaux

représente, de manière plus ou moins biaisée, à la fois la valeur intrinsèque des résultats (censé être reflétée par le facteur d'impact) et la division disciplinaire du champ scientifique, alors une revue dédiée aux résultats négatifs n'a pas de pertinence épistémique. En effet, soit les résultats qu'elle présente sont d'un intérêt large (soulèvent ou résolvent un problème partagé par une large communauté) et dans ce cas, ils méritent d'apparaître dans une revue généraliste à haut facteur d'impact, soit ils sont importants pour une communauté plus restreinte – et dans ce cas, ils ont leur place dans une revue plus spécialisée (centrée sur un domaine d'étude, un objet particulier, etc.). Dans tous les cas, ils ne peuvent avoir d'intérêt simplement en tant qu'ils sont négatifs, mais parce qu'ils s'intègrent à un système de pratiques existant.

XI.6.2 Pour un « ralentissement » de la science ?

Il nous semble, enfin, que les conditions de pilotage que nous avons proposées, ainsi que les quelques conséquences que nous en avons déduites, vont dans le sens de ce que l'on pourrait qualifier, à la suite par exemple de Stengers (2012), d'appel au *ralentissement* des sciences. Bien que cette notion de ralentissement n'ait pas été originellement mise en avant au sein d'une position philosophiquement aboutie, il nous semble qu'interprétée correctement, elle peut servir de mantra utile pour penser un renouvellement des modalités du financement des sciences.

Originellement en effet, le mouvement en faveur d'une « slow science » s'est développé sur la base de revendications de *liberté* et d'*autonomie* de la part des scientifiques, contre une économie de la connaissance décrite comme exigeant des résultats rapides, rentables et immédiatement applicables. Il s'agit alors, la plupart du temps, de faire fond sur l'idée classique selon laquelle « la science devrait être poursuivie pour elle-même et à son propre rythme et non pas pour des engagements politiques de court-terme ou des applications utilitaires » (Pels, 2003, p. 192). Ainsi, le « slow science manifesto », publié en 2010 par la « slow science academy » à Berlin ²⁴⁰, affirme que :

La science a besoin de temps pour penser. La science a besoin de temps pour lire et de temps pour échouer. La science ne sait pas pas toujours ce qu'il serait bon de faire à un instant donné. La science se développe de manière instable, avec des mouvements brusques et des pas en avant imprévisibles. En même temps, cependant, elle progresse sur un temps très lent, pour lequel il faut laisser de l'espace et auquel il faut rendre justice (...). *La société devrait donner aux scientifiques le temps dont ils ont besoin*, mais, de manière plus importante encore, les scientifiques

²⁴⁰Disponible à la page <http://www.theatlantic.com/technology/archive/2011/07/the-slow-science-manifesto-we-dont-twitter/242770/> (consulté le 2 septembre 2018).

devraient prendre leur temps (*nous soulignons*).

Rosen (2011) précise que le problème n'est pas tant la rapidité de la recherche elle-même (le fait de répondre rapidement aux questions posées), mais « les biais dans les processus de financement (qui tendent à ne financer que des projets non risqués), l'importance prise par les publications par rapport à l'enseignement dans l'évaluation des chercheurs et l'habitude des professeurs d'université, des journalistes et des politiciens de sur-simplifier les découvertes scientifiques ». De manière générale, il s'agirait alors, comme le note Alleva (2006), de privilégier la qualité sur la quantité des productions, alors que les modes de financement et d'évaluation de la recherche tendraient à avoir l'effet inverse. Il n'est pas forcément aisé de démêler, au sein de ces prises de position publiques, les revendications précises qui y sont contenues. Il semble cependant que l'on retrouve, autour de certaines expressions de ce mouvement en faveur d'un *ralentissement* des sciences, des critiques classiques émises à l'encontre des modes actuels de production des connaissances : compétition exacerbée, course à la publication, injonction faite à la science de résoudre des problèmes se posant de manière urgente à la société, etc. Contre ces pressions multiples, l'idée est alors de mettre en valeur le *temps propre* de la science : celle-ci ne peut réellement progresser qu'en suivant un mouvement singulier qui doit être protégé des orientations extérieures. De là, on déduit alors que ralentir équivaut à donner, ou à rendre leur autonomie perdue aux scientifiques.

Si cette idée de *ralentissement* nous semble pertinente au regard des conditions de pilotage que nous identifions, ce n'est toutefois pas exactement pour les mêmes raisons que celles que l'on trouve habituellement sous la plume des partisans de la *slow science*. Selon nous, le temps qu'il faut, ou qu'il faudrait prendre, n'est pas celui d'une science qui se retirerait d'une sphère politique exprimant en continue des besoins ou des demandes. Au contraire, il nous semble que le temps qui, aujourd'hui, fait défaut, est celui que rendrait possible une *convergence*, une intégration réussie des problèmes identifiés dans différents espaces du monde social, dans et hors du champ scientifique. Autrement dit, ce temps est celui que doit prendre l'établissement d'un programme de recherche pertinent au regard de l'état des pratiques scientifiques ; comme nous l'avons montré, ce travail gagne à être fait en tenant compte des problèmes exogènes, par exemple en organisant une participation des publics dont les modalités restent à définir. Finalement, réclamer un ralentissement, ce n'est pas vouloir libérer les chercheurs d'un pilotage externe, mais assumer pleinement ce dernier de manière à le rendre épistémiquement positif. Ce point rejoint, sur le plan épistémologique, la thèse défendue par

Stengers (2012) dans une perspective plus politique. Isabelle Stengers dénonce elle aussi les dérives d'une science asservie aux intérêts du marché, entrant dans le jeu de la compétition introduite par une « économie de la connaissance (...) [qui est] en train de démanteler la possibilité d'une recherche qui ne soit pas directement au service d'intérêts privés » (p. 91). Cependant, dans le même temps, elle s'oppose aux avocats de la « slow-science », lorsqu'ils considèrent simplement « qu'une bonne science a besoin du temps nécessaire à la production de ses propres questions. Il ne s'agit pas pour moi de nier », ajoute-t-elle, « mais de compliquer cet argument » (p. 99). Pour Stengers en effet, la « science rapide » comme mode actuel de production des savoirs n'est pas uniquement critiquable par l'impératif de rentabilité ou d'efficacité ou l'injonction à la publication intensive qu'il impose, mais bien plutôt par le fait que « la manière dont les faits [sont] produits et interprétés ne [fait] plus que compléter le paysage des intérêts établis » (p. 103) – intérêt établis parmi lesquels Stengers range les questions jugées importantes par les scientifiques eux-mêmes. En d'autres termes, l'appel au ralentissement ne doit pas se muer en défense d'une forme de fermeture du champ scientifique sur *ses propres* questions, mais l'occasion, bien au contraire, de prendre en compte la diversité des intérêts. Ainsi, enjoint-elle les scientifiques à

ne plus cultiver la peur phobique que les questions ou les intérêts des autres les démobilisent ou leur fasse perdre un temps précieux et [à apprendre] à apprécier, par d'autres et grâce à d'autres, la *singularité propre* des questions qui leur importent (p. 51, *nous soulignons*).

Ainsi, il est crucial que les chercheurs reconnaissant que les questions qui leur semblent importantes le sont dans un certain système de pratiques, qui rend invisible un grand nombre de problèmes *intéressants* – dont la résolution aurait un impact important sur d'autres pratiques. De manière notable, Stengers suggère ici l'existence d'une dynamique propre à la recherche se rapprochant de ce que nous avons défini comme une forme d'inertie pratique :

D'une manière ou d'une autre, explicitement ou non, les scientifiques apprennent à définir comme « non scientifiques » des questions qui n'appartiennent pas à leur « sillon », y compris des questions qui *importent dans d'autres champs académiques*, parce que, du point de vue de leur discipline, s'y intéresser signifierait une « perte de temps » (p. 101, *nous soulignons*).

Il existerait donc pour Stengers une tendance spontanée à la fermeture des pratiques sur elles-mêmes. On pourrait ajouter, ici, que s'il y a « perte de temps » à reconnaître l'existence de questions qui importent dans d'autres champs académiques, *a fortiori* à l'extérieur du champ scientifique, c'est

tout simplement que ces questions ne constituent pas, pour une pratique singulière, un problème authentique. Pour Stengers, cet état de fait pose explicitement un problème politique et éthique : il éloigne les chercheurs des questions et des besoins émergeant dans la population. Le processus d'isolement des pratiques scientifiques conduit ainsi à réduire le nombre d'interlocuteurs avec lesquels les chercheurs sont capables d'interagir. Par exemple :

Le chimiste universitaire moderne n'aura plus rien à dire aux artisans car il n'a pas les moyens de les comprendre. Son savoir est relatif à des opérations qui supposent des réactifs standardisés que l'industrie met sur le marché (...). Il est donc symbiotiquement dépendant de l'industrie (p. 98).

Il nous semble que la dynamique décrite ici par Stengers se comprend bien dans une perspective pragmatiste, mettant en évidence les processus de maintien et de stabilisation des systèmes de pratiques. De manière intéressante, le ralentissement qu'elle promeut a alors pour objectif de *briser* ce mécanisme d'auto-entretien des activités épistémiques, en forçant une communication plus grande entre les disciplines, les domaines, mais aussi la diversité des publics. Pour développer ce point, elle prend un exemple particulièrement frappant selon nous, celui des OGM. Dans leur tendance à ignorer les questions n'appartenant pas à « leur sillon », de nombreux biologistes

ont promu [les OGM] comme la voie rationnelle menant à la solution de la faim dans le monde (...). Qu'importe que, dans d'autres secteurs académiques, les mécanismes sociaux, politiques et économiques à l'œuvre dans les situations de famine soient analysés et discutés. Cette analyse n'a pas à « ralentir » la transformation en or d'un œuf pondu dans un autre secteur (...). Les biologistes qui ont développé l'art des modifications génétiques ont été dès le départ actifs dans le domaine dit des « biotechnologies » et ont eux-mêmes promu la thèse selon laquelle les OGM illustraient l'avenir – ils allaient droit au cœur du problème de la faim dans le monde, c'est-à-dire permettaient de la résoudre de manière enfin « rationnelle », *sans avoir à le poser* (p. 101, *nous soulignons*).

Le point important, ici, est que pour Stengers, du fait de cette fermeture des pratiques sur elles-mêmes, les biologistes ne tiennent pas compte de l'état des savoirs dans d'autres champs lorsqu'ils posent le problème qu'ils pensent résoudre (par exemple, celui de « la faim dans le monde »). La critique de Stengers est donc éthique et politique (puisque les chercheurs en biotechnologies font alors passer leur intérêt devant celui des populations), mais peut également être interprétée sous un angle épistémologique : les biologistes qu'elle cite apportent une *mauvaise* réponse à un vrai problème (ou en tout cas, apportent une solution sans être certains qu'elle est réellement la plus pertinente). Dans une terminologie deweyenne, on peut donc dire que le problème évoqué par les

biologistes en question est *mal posé*, puisque sa formulation n'a pas tenu compte de l'état global des systèmes de pratiques scientifiques. La solution apportée risque donc fort d'être inadaptée : il serait sans doute possible, en mobilisant d'autres savoirs académiques, de montrer que (ou de défendre l'idée selon laquelle) les OGM sont susceptibles d'être une mauvaise réponse à long terme au problème de la faim dans le monde. Finalement, la science « rapide » évolue dans un milieu « activement et délibérément raréfié » (p. 102) : seul un petit nombre d'intérêts sont pris en compte pour définir les problèmes et les résoudre. De manière intéressante, Stengers lie cet état de fait non pas à la recherche du profit ou à la pression exercée par le marché sur les orientations prises par le champ scientifique, mais à un comportement *spontané* des scientifiques. Dans ce cadre, l'économie de la connaissance force l'ouverture des pratiques scientifiques à d'autres questions que les problèmes endogènes qu'elles génèrent, mais elle le fait d'une manière politiquement critiquable – puisque là encore, pour Stengers, seuls les intérêts d'un petit groupe de privilégiés sont représentés. Elle le fait sans doute également d'une manière *épistémiquement* critiquable, en limitant là encore la quantité et la variété des pratiques mises en commun pour identifier et *bien poser* les problèmes. Comme le note Stengers elle-même, dans une formule quelque peu ambiguë, la question est ainsi celle de la « pertinence des thèmes de recherche » définis (p. 86). La pertinence, ici, peut s'entendre, dans une perspective politique, comme adéquation avec le bien commun (quelle que soit la définition qu'on en donne), l'intérêt du plus grand nombre, ou encore des groupes marginalisés. Mais nous pouvons ajouter, à l'aune des analyses menées jusqu'ici, que l'enjeu est également celui de la pertinence *épistémique* de ces thèmes de recherche. Comme nous avons tenté de le montrer, l'ouverture des pratiques scientifiques aux problèmes exogènes permet de sortir de l'inertie spontanée du processus de recherche et joue donc positivement sur la fécondité épistémique du champ scientifique. En d'autres termes, à l'argument politique de Stengers en faveur d'un ralentissement qui permettrait de prendre en compte, dans la définition des problèmes à résoudre, la pluralité des pratiques, nous ajoutons un argument explicitement épistémologique : pour être bénéfique à la dynamique de production des savoirs, la défense de la *slow science* ne doit pas se faire l'écho d'un désir d'autonomie et de liberté de recherche, mais d'une exigence d'ouverture du pilotage.

Pour Stengers, cette ouverture passe par une dynamisation du milieu amateur en science (p. 21), ou l'établissement de processus de délibérations citoyennes (p. 47). L'idée est ainsi de « compliquer, de ralentir le processus politique » en demandant « à tous d'accepter que la *signification* de ce à quoi ils tiennent se voit redéfinie à travers les rapports tissés avec les autres » (p. 136,

nous soulignons). L'emploi du mot *signification* est ici important : la mise en commun des systèmes de pratique modifie la signification, c'est-à-dire, finalement, l'*authenticité* des problèmes identifiés. Notre objectif n'est pas ici de bâtir un argument politique en faveur de la participation des publics ; nous ne chercherons donc pas à défendre une forme ou une autre de *démocratisation* du pilotage. Notons simplement que plus ce processus d'ouverture est large (plus il implique de groupes distincts, portés par des intérêts qui leur sont propres), plus cette reconfiguration des systèmes de pratiques est susceptible de faire émerger, et d'aider à bien formuler, des problèmes importants – importants y compris d'un point de vue épistémologique. Les exemples présentés dans la partie 3 vont dans ce sens, ainsi que nos analyses suggérant l'existence d'une inertie inhérente au processus de recherche, inertie que Stengers exprime en mettant en valeur la propension des scientifiques à ignorer, voir à mépriser les pratiques extérieurs à leurs champs.

Appeler au ralentissement des sciences, c'est donc exiger qu'une attention plus grande soit portée à la définition des problèmes à résoudre et des thèmes et questions de recherche associés, dans un processus de comparaison et de confrontation des systèmes de pratiques. Cette démarche de synthèse doit associer, bien évidemment, les disciplines, spécialités, domaines structurant le champ scientifique, mais également les acteurs qui lui sont extérieurs. Finalement, il nous semble que cette notion de *slow science* s'impose comme une nécessité au regard des conditions théoriques de pilotage que nous avons identifiées jusqu'ici. Reste maintenant à tenter d'en déduire un schéma adéquat de distribution des ressources.

XI.7 Conclusion

Ce chapitre avait pour objectif de définir quelques conditions théoriques de pilotage et de les comparer aux propriétés majeures des modes d'allocation des ressources à la recherche publique (présentées dans le chapitre X). Les trois conditions que nous avons proposées nous ont permis de critiquer l'équilibre horizontal privilégié à la fois par les agences de financement et de nombreuses propositions visant à améliorer leur fonctionnement. Cette forme d'équilibre repose sur une vision biaisée de la dynamique de la recherche, faisant l'hypothèse qu'il existe une recherche exploratoire s'écartant notablement des systèmes de pratiques existants et étant de ce fait difficilement évaluable. Nous proposons alors de considérer un équilibre que nous qualifions de vertical, au sein duquel tout projet est en droit soumis à un processus de pilotage visant à choisir *collectivement* les projets financés, mais garantissant et valorisant l'identification et la problématisation des indéterminations

apparaissant dans le cours de l'enquête. Nos analyses nous amènent à suggérer que ce processus doit passer par (i) une relaxation des contraintes (temporel et liées à l'orientation) pesant sur les chercheurs individuels (relaxation différentielle selon les objets étudiés); (ii) des modifications du système de publication, de diffusion des résultats scientifiques et d'évaluation de la recherche, considérant la pertinence (éventuelle) des échecs, des obstacles rencontrés et des résultats négatif; (iii) la reconnaissance de la diversité des types de pratiques contre la centralisation excessive induite par l'évaluation par les pairs; (iv) la prise en compte à tous les niveaux de la pratique scientifique des problèmes exogènes, en passant par la participation des différents publics (au sens deweyien) à l'allocation des ressources au champ scientifique. Dans le dernier chapitre, nous tentons de donner des pistes possibles pour appliquer ces conditions, en proposant quelques dispositions concrètes de pilotage.

CHAPITRE XII

UN MODÈLE ALTERNATIF POUR LE PILOTAGE DE LA RECHERCHE

XII.1 Introduction : quelle mise en commun ?

Ce dernier chapitre a vocation à proposer quelques mécanismes de pilotage qui nous semblent aptes à satisfaire les conditions théoriques énoncées précédemment. Il s'agit avant tout d'une démarche prospective : nous n'entendons évidemment pas livrer une solution clé en mains, qui optimiserait à coup sûr la productivité épistémique de la science tout en ménageant (éventuellement) la possibilité d'un contrôle collectif de la recherche et de l'innovation. Si les analyses que nous avons menées jusqu'ici peuvent nous permettre d'identifier certaines organisations institutionnelles non adéquates, il est en revanche beaucoup plus délicat, en effet, de formuler des recommandations positives devant guider l'établissement d'un système de pilotage satisfaisant d'un point de vue strictement épistémologique et faisant également droit à l'exigence actuelle de *responsabilité* – quelle que soit la signification que l'on donne à ce concept. De manière très générale et pour délimiter d'emblée la portée de nos analyses, rappelons que l'enjeu initial de notre réflexion est de parvenir à penser une limitation de l'autonomie du champ scientifique (à travers une externalisation du pilotage) et de la liberté de recherche (à travers une orientation et une centralisation) qui ne nuise pas à la production des connaissances, voire qui lui soit favorable. Il s'agit ainsi, pour nous, de proposer ici quelques organisations institutionnelles, parmi d'autres possibles, pour le financement de la recherche. Notre modèle a vocation à penser, en premier lieu, un schéma possible d'investissement *public* dans la recherche. Plus précisément, rappelons que notre modèle a vocation à répondre à la question suivante : étant donnée une certaine somme d'argent S à utiliser pour financer le champ scientifique, quel mode de répartition est susceptible d'optimiser sa productivité épistémique ? Nous verrons dans un second temps que le schéma général que nous proposons peut tout à fait s'adapter à un contexte d'interactions entre financement public et financement privé, telle qu'elles se manifestent actuellement.

Au fil de notre argumentaire, nous avons pu voir se dégager certaines caractéristiques épistémiques de l'entreprise scientifique qui la rendent, en droit, compatible avec un certain degré de pilotage ; les conditions théoriques que nous avons formulées tracent une esquisse de la forme que devrait alors prendre le triptyque orientation/centralisation/externalisation. Ces conditions font apparaître une double injonction : l'ouverture du processus de recherche aux problèmes exogènes, d'une part ; et le maintien d'un espace de liberté à petite échelle (à l'échelle, typiquement, des porteurs de projets scientifiques, que ce soient les individus ou les groupes de recherche) impliquant un relâchement des contraintes liées au pilotage – relâchement devant lui-même dépendre des objets, des disciplines, etc. Le défi est donc de parvenir à associer très concrètement ces deux exigences. Nous avons vu que la tendance actuelle allait vers la recherche d'un équilibre que nous avons qualifié d'horizontal, et nous avons montré que celui-ci était susceptible d'être moins fécond sur le plan épistémique qu'un équilibre défini comme vertical entre liberté et pilotage. Nous avons précisé cet argument en mettant en valeur l'idée que la *mise en commun* des savoirs et des pratiques internes et externes au champ scientifique contribue, ou contribuerait à faire émerger des problèmes authentiques – au sens pragmatiste du terme. À partir de là, la question est donc celle de déterminer la forme que peut et doit prendre cette mise en commun.

D'un point de vue théorique, deux types de situation peuvent être envisagés. La mise en commun peut tout d'abord consister en la formulation *explicite* d'éléments partagés et compréhensibles par tous. Assez typiquement, les « graphes de signification » de Kitcher sont une illustration de cette branche de l'alternative : l'idée est en effet de faire apparaître, de rendre manifestes, les liens *objectifs* entre des éléments hétérogènes, réunis dans un même espace (un graphe). La notion d'objectivité, ici, doit se comprendre en un double sens : au sens traditionnel, tout d'abord, comme rapport à une réalité existant en elle-même – dans ce cas, l'état des savoirs et des pratiques scientifiques : ce sont en effet les experts qui tracent ces graphes, sur la base de leur connaissance ou de leur estimation rationnelle des flux de signification entre les questions et projets de recherche ; mais le processus de mise en commun que décrit Kitcher génère également une objectivité sociale, liée aux mécanismes de la délibération, supposant un langage et des procédures partagées rendant possible la construction commune d'un ensemble de priorité reflétant un *consensus* obtenu par la confrontation des perspectives. D'ailleurs, le modèle de science bien ordonnée repose entièrement sur cette possibilité d'objectivation complète à la fois de l'état des pratiques (des questions, des problèmes) scientifiques

et des demandes ou besoins sociaux.

Notons que la stratégie nationale de recherche (SNR), ainsi que les plans d'action de l'ANR, relèvent également d'une même démarche d'objectivation – de mise en commun d'intérêts (éventuellement) hétérogènes, par un processus de discussion ou de délibération. Les documents rédigés à cet effet sont ainsi censés être le résultat du partage et donc de la formulation explicite de l'état des besoins, demandes, problèmes et savoirs émanant des pratiques en cours.

Cependant, il nous semble que l'une des lignes de forces principales des arguments défendant, au sens large, l'autonomie du champ scientifique vis-à-vis des sphères politiques, sociales ou économiques, revient à noter que, justement, tout n'est pas *explicitement objectivable* dans les pratiques scientifiques. La densité des interactions entre les individus, les groupes de recherche, les thématiques, les questions abordées échappe largement au contrôle que pourrait exercer un hypothétique point de vue omniscient capable de saisir le tout de la situation afin d'optimiser la division du travail cognitif. L'essence même des arguments d'obédience libérale, tel que ceux de Polanyi, repose sur la mise en évidence d'une inefficacité de la centralisation (du « monocentrisme ») des décisions pour réguler la production des savoirs : tout comme le libre marché est l'unique moyen de fixer leur prix aux choses, garantir le « libre jeu d'esprits libres » pour reprendre l'expression fameuses de Bush (1945) reste la voie la plus efficace pour optimiser le processus de recherche. En plus de l'argument (que nous avons analysé et critiqué en détail) lié à la *diversité épistémique*, cette supériorité du « polycentrisme » viendrait alors également du fait que les pratiques scientifiques contiennent une part d'implicite, de non formalisable, qui guide leurs interactions et leurs évolutions. Outre Polanyi et sa notion de connaissance tacite (voir chapitre I, p. 23), plusieurs auteurs ont travaillé à préciser la nature de cette dimension implicite : citons bien entendu Kuhn (1962), pour qui les paradigmes sont constitués par un ensemble de pratiques non nécessairement articulées de manière explicite, mais également des penseurs du *practical turn* comme Waters (2008b). Comme nous l'avons vu, ce dernier montre en effet comment se développe, en parallèle du savoir théorique, constitué de propositions partagées et connues d'une large communauté, un « savoir procédural » propre à chaque pratique et ne se manifestant pas en dehors d'un contexte expérimental singulier. La caractéristique principale de ce savoir implicite, quelle que soit sa forme, est d'échapper à la possibilité d'une objectivation, d'une mise en commun articulée : le chercheur individuel, ou le groupe de chercheurs investis dans une pratique particulière possèdent alors une expertise non communicable (ou non aisément communicable) pour déterminer l'intérêt, ou l'authenticité, de certains types de problèmes

et la pertinence des solutions possibles. Pour reprendre un exemple mobilisé à plusieurs reprises, les techniques expérimentales développées par le groupe de Morgan, en génétique de la *Drosophila*, afin d'obtenir des taux de *crossing-over* constants constituent une réponse à des indéterminations ne pouvant pas facilement prendre place dans un espace de mise en commun des problèmes à résoudre. Par exemple, on voit mal comment un projet visant à stabiliser les taux de *crossing-over* afin de perfectionner un protocole de mesure des distances génétiques pourrait s'intégrer explicitement et avec profit, à un graphe de signification à la Kitcher. En théorie, bien entendu, il est possible de penser l'élaboration de tels graphes parfaitement exhaustifs, reflétant dans tous leurs détails l'état des systèmes de pratiques. En réalité, cependant, les difficultés d'acquisition d'un tel point de vue surplombant et l'effort de centralisation que son application demanderait font douter de la pertinence épistémique d'une extension *sans limite* du processus d'objectivation proposé par Kitcher. Il semble donc plus sage de concéder cette thèse aux arguments libéraux en faveur de l'autonomie scientifique : d'un point de vue strictement épistémique, il existe une certaine dimension de la pratique scientifique qui ne peut ni ne doit entrer dans un espace de mise en commun explicite des questions, problèmes, projets, etc.

Le même type de remarque pourrait sans doute être faite pour l'identification des problèmes exogènes : toutes les interactions possibles entre l'état des pratiques scientifiques et les besoins, demandes, questions émergeant dans les autres espaces du monde social ne sont pas formulables comme ensemble de propositions articulées ou explicitées. Pour une part au moins d'entre elles, ces interactions sont le fruit de la rencontre locale et singulière d'intérêts distincts. Par exemple, l'utilisation par Beadle et Tatum de milieux de culture appauvris en vitamines pour leurs travaux sur le lien gène/enzyme n'a pas été le fruit de la reconnaissance institutionnelle, partagée collectivement, de l'importance pour les sciences de la nutrition que revêtait la mise au point de protocoles de dosage. La pertinence de ce projet est apparue de manière elle-aussi imprévisible, fruit de la convergence fortuite d'acteurs capables de définir, dans un contexte très spécifique, l'authenticité d'un problème. Très concrètement, il n'est pas évident qu'un protocole de délibération, de mise en commun des problèmes comme celui présidant à l'élaboration de la stratégie nationale de recherche, par exemple, aurait été capable de faire apparaître explicitement l'intérêt d'une telle collaboration. De manière générale, la multiplicité des points de contact possibles entre les individus, les groupes de recherche, les communautés scientifiques d'une part et ces mêmes communautés et le reste du monde social d'autre part, rend sans doute illusoire la possibilité d'acquiescer une vision d'ensemble des interactions entre systèmes de pratiques. Autrement dit, un pilotage optimal d'un point de vue

épistémique doit ménager un espace de *libre contact*, non formalisé, non institutionnalisé, entre le champ scientifique et les intérêts multiples et hétérogènes se faisant jour dans les sphères sociales, économiques et politiques²⁴¹. Cet espace doit coexister avec des processus de mise en commun plus collectifs (par exemple, délibération à la Kitcher ou comités de pilotage de la SNR), permettant de rendre visibles des problèmes qui ne le seraient pas dans un contexte strictement libéral – polycentrique, au sens de Polanyi. Gardons bien à l’esprit qu’il s’agit donc ici de traduire l’équilibre existant entre ce que nous qualifierons de part *explicite* et de part *implicite* de la signification (au sens de Kitcher) ou de l’authenticité (au sens de Dewey).

Finalement, l’enjeu d’une réflexion concrète sur les mécanismes du pilotage est donc double. Il s’agit, d’une part, de penser la limite entre ce qui est objectivable (et donc, ce qui peut être soumis à comparaison et choix collectif, impliquant différentes parties prenantes) et ce qui ne l’est pas. Nous avons ici une autre formulation du problème de l’équilibre vertical entre liberté et pilotage : comment organiser la co-existence entre le partage de problèmes endogènes et exogènes et la nécessité de laisser les pratiques scientifiques évoluer selon le savoir implicite qu’elles contiennent ? D’autre part, il s’agit de préciser les formes institutionnelles devant réguler chacune de ces dimensions et leurs interactions. S’il existe une part implicite, non objectivable, du processus de recherche, cela n’interdit pas de chercher à optimiser les conditions de communication et d’échange d’informations internes aux différentes communautés scientifiques et entre ces dernières et les autres publics. Il faut également préciser la nature de l’interface entre les directives émanant de l’espace de mise en commun (par exemple, les stratégies de recherche, les plans d’action, ou les graphes de signification) et l’espace de liberté accordé aux chercheurs. Se posera ici la question des interactions entre les priorités et les problèmes identifiés lors de l’étape de discussion/délibération/mise en commun et l’organisation en disciplines/communautés/équipes du champ scientifique. Afin de guider notre raisonnement, nous nous appuyerons en particulier sur l’exemple des modes de pilotage de la recherche par l’ANR en France, qui nous serviront de pierre de touche pour identifier de possibles *bonnes pratiques* de pilotage qu’il serait souhaitable de voir mises en œuvre. Notons, encore un fois, que notre argument s’inscrit strictement dans une perspective épistémologique : nous n’avons pas pour objectif d’imposer des contraintes éthiques ou politiques sur les formes prises par la gouvernance

²⁴¹Bien entendu, ici, des contraintes politiques et éthiques peuvent entrer en jeu, en imposant un contrôle (et donc, une institutionnalisation) de ces relations de manière à satisfaire des idéaux de justice, d’égalité, de représentativité, etc.

de la recherche et de l'innovation. Cependant, nous mettrons au jour des lieux possibles où peuvent s'insérer, éventuellement, des limites à la liberté de recherche associées à l'exigence du contrôle social de la recherche et de l'innovation.

XII.2 Étude de cas : le pilotage du défi « Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique » par l'ANR

Afin de dégager nos conditions idéales de pilotage, nous avons débuté cette cinquième partie par une analyse des tendances générales guidant les mécanismes de financement de la recherche publique, en Europe et aux États-Unis. Pour fonder notre démarche d'application, visant à formuler des principes opératoires de pilotage, il nous semble pertinent de revenir tout d'abord à une description plus fine de l'articulation entre les priorités de recherche définies par les agences de financement et la sélection des projets formulés par les scientifiques. Pour ce faire, nous nous proposons d'examiner en détail un cas précis, celui du pilotage par l'ANR du « défi 1 » identifié par la stratégie nationale de recherche en France (« Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique »), entre les années 2016 et 2017. Ces années ont été choisies de manière à comparer les plans d'action et les types de projets sélectionnés pour deux campagnes de financement consécutives. Notre objectif est d'analyser la formulation des axes de recherche prioritaires dans le document de référence servant de base à l'appel à projet générique, d'une part et celle des projets de recherche effectivement sélectionnés en lien avec ce défi²⁴². Nous caractériserons ainsi, dans une perspective critique, la manière dont est concrètement gérée l'interface entre la part explicite, formalisée, des problèmes apparaissant comme importants et les pratiques scientifiques elles-mêmes, avec leur part de savoir implicite et la multiplicité des objectifs qu'elles poursuivent.

XII.2.1 Modalités pratiques du pilotage

Rappelons que le défi « Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique » est inclus dans la liste de dix priorités définies en 2015 dans le cadre de la stratégie nationale de recherche. Ces priorités sont le résultat d'un processus de concertation entre les ministères, les instances scientifiques et des représentants du monde économique. Chaque année, des agences de financement comme l'ANR se saisissent de cette liste de priorités pour déterminer un plan d'action

²⁴²L'ensemble de la documentation utilisée ici est disponible sur le site de l'ANR.

devant servir de guide à la soumission de projets par les chercheurs (appels à projets génériques notamment). Ce plan d'action a pour objectif de traduire, en fonction de l'état des savoirs et des pratiques scientifiques, les défis en axes et thèmes de recherche plus ou moins précis.

Dans le cas du défi 1 que nous analysons ici, le plan d'action 2016 prévoyait six axes de recherche : « Connaissances fondamentales en relation avec le défi (milieux et biodiversité) », « Dynamique des écosystèmes en vue de leur gestion durable », « Santé-environnement », « Innovations scientifiques et technologiques pour accompagner la transition écologique », « Les sociétés face aux changements environnementaux » et « Approches intégrées pour un développement durable des territoires ». En 2017, les axes définis pour ce défi 1 étaient formulés de la même manière. Au sein de chaque axe, est ensuite précisé un ensemble de thèmes et question de recherche. Prenons, en guise d'exemple, le cas de l'axe 1 (« Connaissances fondamentales en relation avec le défi [milieux et biodiversité] »). Trois thèmes y sont définis : « Fonctionnement et évolution du climat, des océans et des grands cycles, surfaces continentales : zone critique et biosphère (invisible notamment) », « Evolution et dynamique des espèces et des populations », « Connaissance des ressources minérales (sous-sol et formations superficielles) ». En 2017, la plupart de ces thèmes étaient définis d'une manière proche : « Fonctionnement et évolution du climat, des océans et des grands cycles », « Caractérisation, dynamiques et fonctionnements de la zone critique et de la biosphère associée », « Exploration de la biodiversité et analyse de l'écologie, de l'évolution et de la dynamique des espèces, des populations et des communautés ». Au sein de ces thèmes, un texte explicatif précise encore le type de recherches attendues. Ici, les versions de 2016 et 2017 présentent les mêmes paragraphes, avec cependant quelques différences de formulation et une organisation du texte légèrement différente. Les recommandations sont formulées de manière à faire apparaître un enchâssement d'objectifs, depuis des considérations générales jusqu'à des propositions relativement précises. Pour le thème 1, le plan d'action (2017) pose par exemple que

les enjeux sont de mieux comprendre et représenter les processus et mieux caractériser et réduire si possible les biais et incertitudes des modèles (gaz – aérosols – nuages, circulations océaniques, biogéochimie marine, pilotes des flux et mécanismes dissipatifs, phénomènes non linéaires ou chaotiques, emboîtements d'échelles et d'espaces, télé-connections, interfaces entre les milieux, grands cycles de l'eau, du carbone, de l'azote, du phosphore...).

Il en est déduit la nécessité de mener « des études sur les processus responsables des transferts d'énergie, de matières, de polluants, au sein des domaines côtiers et littoraux et à leurs interfaces avec l'océan hauturier, le continent et l'atmosphère ». Le rapport encourage également les travaux

portant sur la « variabilité naturelle » du climat, « (i) sur le dernier millénaire par l'utilisation des proxies et des chroniques historiques ou (ii) sur des périodes anciennes pour lesquelles des analogues de transition rapide permettent d'éclairer l'interprétation des variabilités, des événements extrêmes et des tendances sur le siècle actuel ».

En ce qui concerne le thème 2 (« Caractérisation, dynamiques et fonctionnements de la zone critique et de la biosphère associée ») le plan formule également des recommandations avec un haut degré de précision scientifique ; il insiste ainsi sur

(i) les interactions/rétroactions biotiques et abiotiques entre sol, eau, atmosphère, végétation et autres organismes vivants, (ii) le couplage des cycles biogéochimiques des éléments majeurs, mineurs, traces et contaminants et (iii) les transferts d'énergie et de matières (transports solides, en suspension, ou en solution...). Se posent également les questions de formation et/ou de l'évolution des composantes de la zone critique (biodiversité, sols, aquifères, versants...) et du rôle des interfaces (écotones, zones hyporhéiques, zones humides, zones littorales...).

Une dernière illustration peut être extraite de la présentation du thème 3 (« Exploration de la biodiversité et analyse de l'écologie, de l'évolution et de la dynamique des espèces, des populations et des communautés »). Le plan indique, par exemple, qu'

une attention particulière sera portée aux recherches qui aboutiront directement ou indirectement à une meilleure compréhension de la vulnérabilité et des réponses des organismes aux différentes pressions du changement global, notamment celles qui proposent : de s'appuyer sur les suivis à long terme de populations ou d'espèces en relation avec le milieu ; d'analyser la capacité de réponse des organismes aux changements de leur environnement à l'échelle infra-spécifique ; d'aborder la dynamique à long terme des peuplements, des populations, ou des espèces en incluant les périodes anciennes lorsqu'elles peuvent servir de modèle pour comprendre les changements actuels de l'environnement ; de connaître la capacité d'adaptation ou d'évolution d'un système écologique en fonction de la diversité taxonomique et phylogénétique.

Sans multiplier les exemples, plusieurs conclusions peuvent immédiatement être tirées de l'examen (rapide) de ces quelques extraits. Il apparaît tout d'abord que le plan d'action semble avoir à cœur de descendre autant que possible à un niveau très fin de description des enjeux scientifiques. En particulier, il se base sur des références précises aux pratiques scientifiques en cours, comme le montre l'allusion au « suivi à long terme de populations » ou à « la capacité d'adaptation ou d'évolution d'un système écologique en fonction de la diversité taxonomique et phylogénétique », ou encore aux « analogues de transition rapide permett[ant] d'éclairer l'interprétation des variabilités,

des événements extrêmes et des tendances sur le siècle actuel ». De toute évidence, les rédacteurs du plan d'action estiment avoir une bonne maîtrise de *ce qui se fait*, à un instant *t*, au sein du champ scientifique : objectifs poursuivis, méthodes utilisées, types d'objets étudiés. La question, à ce stade, est donc celle de savoir si les choix effectués (les thèmes et problématiques cités dans le document) sont épistémiquement pertinents au regard à la fois des objectifs fixés par le défi et les axes de recherche associés et de l'état des savoirs et des pratiques scientifiques. Le propos des rédacteurs du plan n'est en effet pas, ou peu, argumenté. Il n'y a pas, notamment, de souci de justifier pourquoi un thème donné (par exemple, la « vulnérabilité des organismes aux différentes pressions du changement global ») est privilégié : est-ce le seul possible ? Le plus adapté ? Correspond-il aux préférences individuelles du rédacteur ? Ou est-il le résultat d'une réflexion synthétique visant à diviser de manière optimale le travail cognitif au regard des défis définis par la SNR ? Tout l'enjeu est donc de savoir si le plan d'action permet d'identifier correctement les problèmes authentiques résultant de la confrontation des systèmes de pratiques en cours au sein du champ scientifique, avec les défis proposés par la stratégie nationale de recherche. Pour le dire autrement, est-on sûr que le plan d'action estime de manière adéquate la *signification* (au sens de Kitcher, c'est-à-dire l'intérêt que représente un projet au regard d'un ensemble de problèmes endogènes et exogènes) des types de projets qu'il met en avant ? En arrière-plan, se pose la question de savoir si le niveau de détail du plan d'action est adapté pour organiser le pilotage de la recherche.

Ici, il pourrait être intéressant de mener une étude systématique qui chercherait à corrélérer les objectifs définis par les projets effectivement sélectionnés²⁴³ et ceux initialement formulés au sein du plan d'action, de manière à quantifier la pertinence épistémique des orientations proposées au regard de l'état réel des pratiques scientifiques. Une telle analyse excède les ambitions du présent chapitre. Notons simplement que les projets sélectionnés semblent se situer à des niveaux de pratiques divers : étude d'objets naturels singuliers (« La Couche de la Tropopause Tropicale pendant la mousson d'Asie : transport et composition », « La pompe biologique de carbone : 2 silicifiés essentiels »), formulation de modèles explicatifs généraux (« Relation entre le changement climatique et l'altération », « Biodiversité des Ecosystèmes Marins et Dynamique du Carbone dans le secteur de Kerguelen : approche intégrée »), mise au point de techniques d'analyses (« Réseaux pour l'étude de

²⁴³Liste disponible sur <http://www.agence-nationale-recherche.fr/AAPG2017> (consulté le 2 septembre 2018).

l'entraînement et la microphysique des nuages par l'exploration adaptative », « Enregistrement par les tufs calcaires de la variabilité environnementale et climatique européenne à l'Holocène »). Quels rapports ces projets sont-ils susceptibles d'entretenir avec les plans d'action auxquels ils répondent ? Qu'il nous soit permis, à ce stade, de risquer quelques hypothèses. La formulation d'un projet par un chercheur, ou un groupe de chercheurs, résulte d'une combinaison entre, d'une part, des directions données par le plan et d'autre part, les pratiques et les problèmes dans lesquels étaient déjà engagés ces chercheurs. Or, comme nous l'avons noté, la rédaction du plan d'action, étant donné le degré de pilotage qu'il propose, semble impliquer une connaissance approfondie de l'état de ces pratiques (objectifs poursuivis, méthodes utilisées, objets étudiés, etc.). Tout se passe donc comme si le plan d'action établissait une synthèse réfléchie des projets possibles, sur la base d'un examen des types de recherche actuellement menées et des problèmes endogènes qui en découlent, puis la confrontait à nouveau à ces pratiques en cours. Autrement dit, il y aurait alors une importante zone de recoupement entre les recommandations rédigées par l'ANR et les systèmes de pratiques existants – ces derniers étant (hypothétiquement) pris en compte deux fois, d'abord pour élaborer le plan d'action, puis dans l'appel à projets proprement dit. Plusieurs critiques émergent immédiatement de ces remarques.

XII.2.2 Quel niveau de pilotage ?

Il est permis de s'interroger sur le sens à donner au niveau de pilotage choisi par le plan d'action, *une fois définie* (selon un processus que nous ne considérons pas pour le moment) la liste des priorités par la SNR. Plusieurs interprétations sont possibles. Premièrement, on peut imaginer que les propositions faites sont le fruit d'une consultation préalable de l'ensemble des chercheurs ou équipes travaillant sur un thème donné (par exemple, pour reprendre l'intitulé de l'axe 1, « les connaissances fondamentales liées à la biodiversité »), consultation permettant une mise en commun de l'ensemble des projets possibles, cette mise en commun étant finalement suivie par une démarche d'optimisation de la division du travail cognitif débouchant sur le choix de certaines orientations privilégiées. Dans ce cas, le travail de l'ANR consiste à fournir une image fidèle de l'ensemble des pratiques en cours, d'en déduire des problèmes prioritaires à traiter (en lien avec les défis de la SNR) et des moyens adaptés pour y répondre. Il est clair que le plan d'action n'a pas été élaboré en suivant ce processus, mais dans l'hypothèse où il l'aurait été, la seconde étape d'appels à projet aurait été épistémiquement inutile – puisque les orientations auraient été déterminées directement sur la base d'un examen approfondi des projets possibles.

Selon une deuxième hypothèse, le plan d'action provient non pas d'une analyse précise des pratiques existantes et des problèmes endogènes qu'elles génèrent, mais d'une projection du défi 1 selon les grandes disciplines, spécialités structurant le paysage de la recherche académique. Cela correspond assez bien à la formulation des « axes de recherche » généraux, déclinant le défi 1 selon ses enjeux dans différents domaines : en sciences de la terre (caractérisation physique du changement climatique), en biologie (adaptation des écosystèmes), en médecine (santé et environnement), etc. Dans ce cas, les tentatives d'instaurer un pilotage plus précis (les sous-thèmes et les textes qui les accompagnent) ne sont pas bien fondées au niveau épistémique. On ne voit pas en effet ce qui pourrait justifier de choisir une orientation plutôt qu'une autre à l'intérieur de chaque axe, en dehors d'un effort de mise en commun des projets envisageables et d'une rationalisation de la division du travail cognitif (ce qui nous ramènerait au premier cas). D'autre part, il faut alors se demander, également, comment a été construit, au départ, le défi 1 par le comité de pilotage de la SNR : c'est en effet également en concertation avec les instances scientifiques et donc en référence aux disciplines, spécialités existantes, que ces défis ont été proposés. En d'autres termes, il y aurait peut-être, dans cette seconde hypothèse, un autre niveau de redondance entre le travail d'élaboration de la SNR et la rédaction des plans d'action.

Dans les deux cas, on le voit, la zone de chevauchement entre les directives de l'ANR et les pratiques scientifiques réelles mérite une attention particulière. Il s'agit de penser une distribution optimale de l'effort cognitif, entre l'établissement d'un espace de mise en commun, de partage des pratiques (internes et externes au champ scientifique), permettant l'identification explicite des problèmes authentiques à traiter (défis, ou axes ou thèmes de recherche) d'une part ; et d'autre part, la formulation des projets de recherche qui seront effectivement poursuivis – impliquant éventuellement une part de savoirs et de pratiques implicites, non objectivables (ou difficilement objectivables).

Une deuxième remarque possible porte sur les relations temporelles entre les plans d'action. Basés sur la même stratégie nationale de recherche, les documents rédigés par l'ANR sont très proches sur le fond entre 2016 et 2017, avec toutefois des différences de présentation, de formulation ainsi que quelques thèmes de recherches précis ajoutés ou retranchés. Le point important est que ces légères modifications ne sont pas justifiées explicitement : sont-elles liées à une prise en compte de nouveaux résultats ? À une nouvelle expertise des stratégies de recherche les plus adaptées ? À un renouvellement des rédacteurs du plan d'action ? Ce flou ajoute à l'incertitude concernant le caractère *optimal* du processus de formalisation des orientations prescrites par l'ANR. Avant de

mobiliser ces remarques pour formuler quelques premières recommandations pour l'allocation des ressources à la recherche publique, poursuivons notre exploration des modes de gouvernance mis en place par le comité de pilotage de la SNR d'une part et par l'ANR et ses plans d'action d'autre part. Différents niveaux ou degrés de pilotage peuvent y être identifiés.

D'un point de vue très général, une démarche de pilotage comme celle présidant à la rédaction de la SNR, puis des plans d'action, repose sur la tentative de faire émerger des problèmes authentiques (et des méthodes pour les aborder) depuis un point de vue se voulant surplombant, cherchant à créer un espace commun permettant d'intégrer différents systèmes de pratiques. Ce point de vue est construit, dans la première étape d'élaboration de la SNR (formulation des défis par le comité de pilotage) par un processus de concertation/discussion/délibération entre des représentants d'espaces hétérogènes du monde social – scientifiques, politiques, économiques. Dans la seconde étape, il est le fait d'experts scientifiques, proposant des thèmes de recherche sur la base de la maîtrise qu'ils ont des savoirs et des pratiques en cours au sein du champ scientifique. Comme nous l'avons souligné dans l'introduction, cette volonté de mise en commun, passant par une objectivation des problèmes, questions, besoins ou demandes posés par différents publics, est susceptible d'entrer en conflit avec la part implicite, indicible et de fait non partageable, contenue dans toute pratique – en particulier, toute pratique scientifique. Nous supposons en effet (et nous accordons cela aux arguments d'obédience libérale en faveur de l'autonomie scientifique) qu'une certaine part de la *signification* (au sens de Kitcher), ou de l'*authenticité* (au sens de Dewey) n'est saisissable que depuis l'intérieur des systèmes de pratiques, c'est-à-dire, par les praticiens eux-mêmes. Selon cette perspective, il existe une tension entre la part que nous qualifions d'*explicite* de la signification (celle pouvant servir de fondement, par exemple, à l'élaboration de la SNR, des plans d'action dans le cas du pilotage en France ; ou des « préférences éduquées » puis des graphes de signification dans le modèle de Kitcher) et sa part que nous qualifions d'*implicite*, qui ne se formalise pas aisément mais se construit soit à l'échelle individuelle, soit dans les interactions locales et singulières entre les acteurs (scientifiques ou non scientifiques). L'existence de cette tension constitue l'hypothèse centrale qui nous servira de base pour l'élaboration d'un modèle alternatif de pilotage.

Pour le moment et armés de cette grille de lecture, revenons sur la structure des plans d'action rédigés par l'ANR. Il nous semble que différents niveaux de pilotage peuvent y être trouvés. Si l'on reprend l'exemple du défi « Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique »,

la plan d'action 2016 présente tout d'abord les cinq orientations choisies par la SNR : « Suivi intelligent du système terre », « Gestion durable des ressources naturelles », « Évaluation et maîtrise du risque climatique et environnemental », « Éco- et biotechnologies pour accompagner la transition écologique », « Le laboratoire littoral ». Ces orientations ont émergé de la phase de concertation entre ministères/scientifiques/monde économique. Elles sont donc le résultat d'une mise en commun de préoccupations générales provenant de différents espaces du monde social et correspondent aux intersections les plus évidentes que l'on peut trouver entre les intérêts hétérogènes qui s'y expriment. On peut faire l'hypothèse (raisonnable) que ce premier niveau de pilotage correspond à des types d'enjeux dont la pertinence est évaluable, appréhendable, par la grande diversité d'acteurs impliqués dans le choix. Ils mobilisent des concepts médiatisés, que l'on peut supposer largement compris (risque climatique, gestion durable, transition écologique). Bien entendu, le niveau de précision atteint à ce stade est relatif à la qualité des échanges, au niveau de connaissances techniques des parties prenantes, etc.

Le plan d'action (2016, par exemple) introduit alors un degré supplémentaire de pilotage, en proposant des « axes de recherche » (cités dans la section précédente). Ces axes de recherche, comme nous l'avons noté, semblent correspondre à la déclinaison des orientations définies par la SNR selon les grands domaines disciplinaires structurant le champ scientifique, tels qu'ils sont explicitement cités par le plan d'action : « les mathématiques, les sciences humaines et sociales, de l'environnement, de la vie et de la terre, de l'ingénieur, mais également les sciences de l'information et de la communication pour les nombreux enjeux numériques et le cas échéant des disciplines du domaine de la santé » (p. 54). Faisons là encore l'hypothèse que ce découpage constitue une bonne image des différentes spécialités, ou domaines d'étude, concernés par les orientations de la SNR. La traduction de ces orientations dans les champs de recherche cités définit alors très concrètement un niveau de pilotage plus fin encore, correspondant à des sous-thèmes de recherche. Ces derniers ont vocation à expliciter les liens entre les axes de recherche (par exemple « connaissances fondamentales sur les milieux et la biodiversité ») et les grandes directions de recherche actuellement suivies au sein des disciplines concernées (sciences climatiques, biologie des populations, sciences évolutives, etc.). C'est à ce niveau de pilotage que se joue, selon nous, l'optimisation des interactions entre la part *explicite* et la part *implicite* de la signification. Plus précisément, la ligne de fracture passe sans doute à l'intérieur des textes rédigés afin de décrire chaque sous-thème. Il est évidemment délicat, en dehors d'une analyse systématique (fût-elle possible) des rapports entre ces recommandations et l'état réel

des pratiques, de localiser précisément les zones où le plan d'action excède la dimension publique de la signification pour tenter d'explicitier sa dimension implicite. Il nous semble cependant que le franchissement de cette limite, que nous qualifierons plus tard d'*excès de pilotage*, est manifeste dans certains cas, où le texte énumère ce qui paraît être des méthodes/techniques de recherche précises. Citons ici un passage en guise d'exemple (sous-thème « Évolution et dynamique des espèces et des populations », plan d'action 2016) : « Les recherches attendues portent également sur la dynamique des espèces, des populations et des cortèges d'espèces dans leur écosystème (émergence, extinction, colonisation, invasion, capacité adaptative rapide ou plus lente, plasticité...) et sur l'évolution des comportements (sociaux, individuels, stratégies reproductives...) en interaction avec le milieu (qui influencent le milieu ou qui sont influencés par le milieu). Il s'agira de privilégier les recherches pour mieux comprendre les réponses aux différentes pressions du changement global et aux autres pressions anthropiques et environnementales » (p. 57). Point n'est besoin d'être spécialiste en sciences environnementales pour percevoir deux niveaux d'analyse dans ce passage : la dernière phrase est relativement vague (et ne semble, finalement, pas ajouter grand chose à l'intitulé du sous-thème), alors que la première partie du paragraphe énumère des notions et concepts de recherche plus techniques, faisant référence à des pratiques de recherche singulières. Notre hypothèse, à ce stade, est que la transition entre ces deux phrases matérialise bien la ligne de fracture entre dimension publique et dimension privée de la signification. D'un côté de cette ligne, des problèmes, questions et thèmes dont l'intérêt peut être formalisé et partagé de manière large (en dehors de la communauté pratiquant concrètement le type de recherche en question, voire en dehors de la sphère scientifique) ; de l'autre, les pratiques scientifiques elles-mêmes, avec leur ensemble de concepts propres et de savoirs implicites n'ayant de sens que pour des groupes limités de chercheurs – ceux qui sont directement inclus dans les systèmes de pratiques en question.

Bien entendu, il est tout à fait possible de considérer que cette frontière entre dimension explicite et implicite de la signification est *relative* et dépend du niveau d'expertise du lecteur. Plus largement, les différents niveaux de pilotage que nous identifions seraient alors uniquement contextuels, arbitraires et dépendants d'organisations institutionnelles contingentes ; ils ne présenteraient donc aucune utilité pour penser des conditions optimales d'allocation des ressources. Deux réponses peuvent être apportées à cette critique. Premièrement, s'il est légitime de défendre l'idée selon laquelle la transition entre les degrés de pilotage est graduelle et progressive, cela n'empêche pas d'en proposer un *modèle* discontinu, à des fins descriptives (comme dans cette section) ou normatives (sections suivantes). La formalisation de limites entre différents types de pilotage est ainsi un

marche-pied utile pour la réflexion, permettant de suggérer des propositions concrètes qui, bien que sans doute imparfaites, ont pour visée d'améliorer une situation existante. Deuxièmement, l'organisation du champ scientifique, en domaines, spécialités, disciplines, communautés, etc. est une *réalité* sociologique pouvant être analysée, quantifiée, caractérisée et donc objectivée. La dynamique de constitution des disciplines, l'établissement des réseaux de collaborations définissant des communautés d'intérêts, est d'ailleurs un objet d'étude à part entière pour la sociologie (Benninghoff *et al.*, 2017). Sans faire l'hypothèse, bien sûr, que cette réalité sociologique mouvante corresponde à un état du monde naturel lui-même, il est tout à fait possible de s'appuyer sur la description *objective* de cette architecture du champ scientifique et des relations qu'il entretient avec ses extérieurs, pour définir des degrés de pilotage. Comme nous le verrons, cette description est d'autant plus pertinente que l'on charge les scientifiques pratiquant la recherche la bâtir eux-mêmes.

Avant de prendre un peu de distance vis-à-vis du cas spécifique de la SNR et des plans d'action de l'ANR, dressons un court bilan des analyses que nous avons menées à son propos et des premières recommandations de pilotage que nous pensons pouvoir en déduire.

XII.2.3 Premières recommandations

Rappelons que l'un des problèmes que nous cherchons à résoudre ici est celui de l'équilibre entre ce que nous avons nommé la dimension explicite et la dimension implicite de la signification (ou de l'authenticité). La première, par définition, peut entrer dans un processus de mise en commun des systèmes de pratiques permettant d'explicitier les flux de signification entre problèmes, questions ou thèmes de recherche. C'est l'existence de cette dimension explicite de signification qui rend possible la formulation de la stratégie nationale de recherche et des plans d'action par l'ANR. C'est également sur l'existence de cette dimension explicite que repose la possibilité, chez Kitcher, de bâtir des graphes de signification décrivant les relations entre différents problèmes, questions et projets de recherche. La dimension implicite, en revanche, inclut des éléments qui sont difficilement partageables en dehors de la stricte communauté des acteurs directement engagés dans une pratique de recherche. On peut y trouver des concepts, notions ou méthodes très spécifiques, ou un ensemble de *connaissances implicites* sous-tendant ces pratiques. Le point important est que les problèmes ou questions surgissant dans cette dimension implicite ne peuvent être identifiés et posés et leur intérêt ne peut être évalué depuis un point de vue surplombant ces pratiques. Le processus de mise en commun y est donc difficilement formalisable de manière explicite, que ce soit par le biais d'un

document d'orientation, ou d'un graphe de significations. Nous justifierons plus complètement, par la suite, l'existence de cette démarcation. Nous préciserons également les mécanismes institutionnels envisageables pour optimiser la gestion de cette interface entre dimension publique et dimension privée, ainsi que les principes devant réguler le fonctionnement de chacun de ces espaces. Pour l'heure, il nous semble que l'étude de cas précédente peut nous permettre de caractériser, en première approximation, ce que peut être un *excès de pilotage* lié à une mauvaise prise en compte de cette ligne de fracture.

Nous définirons ainsi comme *excessif* un pilotage qui tente d'appliquer un principe de mise en commun et donc d'orientation, à la dimension implicite de la signification. Comme par définition la signification de cette dimension ne peut être aisément évaluable que par ceux qui sont pleinement intégrés dans les pratiques en question, un tel excès de pilotage risque d'introduire des biais dans l'estimation des thèmes de recherche les plus adaptés au regard des objectifs généraux fixés en amont. Selon nous, les plans d'action de l'ANR, tels qu'ils sont formulés, tombent dans ce travers. En déclinant les sous-thèmes de recherche en recommandations plus fines encore (portant sur les techniques, méthodes, objets à étudier), ils empiètent typiquement sur le travail cognitif que font eux-mêmes les chercheurs investis dans les domaines ou spécialités correspondants. Ce chevauchement des activités signifierait alors une mauvaise division de l'effort épistémique entre les agences de financement et les scientifiques pratiquant la recherche. Une bonne manière de démontrer ce qui n'est pour l'heure qu'une hypothèse serait, comme nous l'avons noté plus haut, de mener une analyse précise des projets sélectionnés dans le cadre des appels à projets génériques et de tester leur niveau d'adéquation avec les différents niveaux de propositions des plans d'action. Une telle étude sort du cadre de ce chapitre prospectif, mais même sans cette donnée empirique, il nous semble que notre argument peut trouver matière à une justification de principe. Comme nous l'avons montré précédemment, les plans d'action ne se contentent pas de citer des domaines, thèmes, spécialités privilégiés, mais mettent également l'accent sur des types de projets souhaités (par exemple, des projets utilisant telle ou telle méthode, se penchant sur tel ou tel jeu de données, mobilisant tel ou tel concept, etc.). Cette incursion au cœur des pratiques scientifiques elles-mêmes ne peut se justifier épistémiquement en dehors d'un effort de mise en commun et de comparaison minutieuse des différents projets envisageables – sinon, elle peut être suspectée de relever de choix arbitraires, liés par exemple aux préférences individuelles des rédacteurs. Or, à cette échelle d'analyse (celle des pratiques de recherche), il nous semble que la signification (ou une certaine part de la signification, correspondant à sa dimension implicite) ne peut être attribuée que par ceux qui identifient

et formulent les problèmes et questions à traiter sur la base des indéterminations émergeant des processus de recherche en cours. Outre l'utilisation de concepts, méthodes, objets spécifiques à une communauté restreinte, la signification attribuée dépend en effet également d'un réseau de connaissances implicites ne pouvant être clairement formalisées, articulées. Ces connaissances implicites ne s'échangent réellement que dans les relations internes tissées entre les membres d'une équipe de recherche ou d'un collectif limité de scientifiques – pensons par exemple, ici, aux « bricolages » expérimentaux qu'évoque Waters (2008b) dans son analyse des travaux menés par Morgan en génétique. Autrement dit, les rédacteurs du plan d'action ne sont sans doute pas justifiés à descendre à un tel niveau de détail dans leurs recommandations : il y a donc, dans ce cas, un *excès de pilotage*.

Pour des raisons similaires, on peut supposer que l'accent mis sur l'*hypothesis-driven research* par le NIH et la NSF (chapitre X) constitue là-aussi un excès de pilotage. En effet, cette forme de pilotage s'applique aux pratiques de recherche en indiquant quel *type* de projet est susceptible de se voir financé. Comme nous l'avons vu, les guides à l'usage des candidats délivrent de manière très claire une certaine image de ce qu'est une bonne science ; ce faisant, ils tendent à formater les pratiques elles-mêmes et ne se contentent pas de guider, ou d'orienter, la recherche vers des questions ou problèmes définis comme prioritaires. Quelles sont les conséquences possibles d'un pilotage s'exerçant à ce niveau, sur la dimension privée de la signification ?

Notre thèse est que cet excès de pilotage est susceptible d'être contre-productif tant du point de vue épistémique, que de celui des coûts engagés pour organiser la distribution des ressources. Premièrement, le fait qu'il y ait un empiètement cognitif entre le travail de l'ANR et celui des scientifiques proposant des projets implique un gaspillage de moyens : à quoi sert de tenter de formaliser des projets possibles dans un document synthétique, si le processus de soumission de projets par les chercheurs, suivi de leur sélection, effectue finalement le même type de travail, à savoir proposer les solutions les plus adaptées pour répondre aux problèmes identifiés comme prioritaires ?

Deuxièmement, nous avons évoqué dans les chapitres précédents certaines critiques classiques des processus de pilotage de la recherche (p. 443) : en particulier, nous avons rappelé que l'orientation avait tendance à conditionner un mode d'écriture des projets de recherche masquant leurs véritables objectifs et leurs véritables implications pour satisfaire aux buts attendus par les agences de financement (Velarde, 2018). Cet effet signe une forme de conflit entre les pratiques scientifiques réelles et la manière dont elles sont pensées par les instances de pilotage. Il est sans aucun doute

néfaste sur le plan épistémique : d'une part, il rend invisible les véritables problèmes endogènes soulevés par les chercheurs ; d'autre part, il constitue une perte de temps pour ces mêmes chercheurs, qui doivent consacrer à la rédaction de projets artificiels un temps qu'ils ne consacrent pas à leurs activités scientifiques. On peut s'attendre à ce que cette tendance soit d'autant plus prégnante que les documents d'orientation émettent des recommandations éloignées de l'évaluation que font les chercheurs eux-mêmes de la signification des projets proposés, en comparaison des problèmes émergeant des pratiques dans lesquels ils sont engagés. Or, plus l'orientation est fine (plus elle propose des orientations précises), plus ce risque d'écart avec les pratiques en cours est grand et plus les conséquences de ce décalage peuvent être négatives sur le plan épistémique. Troisièmement, dans l'hypothèse où l'excès de pilotage aurait réellement l'effet escompté (orienter les pratiques vers certains projets de recherche précis), il y a de fortes chances pour que la division du travail cognitif qui en résulte ne soit pas optimale. La dimension *implicite* de la signification ne pouvant alors être correctement prise en compte, cela reviendrait en effet à biaiser l'évaluation de l'intérêt épistémique des projets proposés. Enfin, comme l'ont montré Haufe (2013) et O'Malley *et al.* (2009), le formatage des pratiques lié à la préférence générale des agences pour l'*hypotheses-driven research* peut être épistémiquement négatif en ce qu'il exclut un grand nombre de pratiques de recherche effectivement développées au sein du champ scientifique et féconde du point de vue de la production des connaissances, par exemple la mise au point de nouvelles techniques ou de nouveaux outils, la collecte de données, etc.

XII.3 Défaut de pilotage et équilibre horizontal

Si les plans d'action de l'ANR manifestent un excès de pilotage, la tendance inverse peut être identifiée dans les programmes visant à établir un équilibre que nous avons qualifié d'horizontal entre liberté et pilotage. Nous en avons présenté différents types de manifestations dans le chapitre X. Sans y revenir en détail, il est néanmoins possible de noter que ces ajustements constituent sans doute un *défaut* de pilotage.

Comme nous l'avons vu, les programmes blancs de l'ANR, tout comme les bourses R21 au NIH et EAGER à la NSF partagent une même représentation de la dynamique de la recherche. Selon celle-ci, il est nécessaire de ménager des espaces de recherche non orientée, rendant possible « l'exploration » ou la genèse d'innovations « de rupture », comme l'explicitent les sites de candidature de ces types de programme. Il y aurait donc, d'un côté, des thèmes de recherche s'intégrant dans

un réseau d'intérêts objectifs pouvant être évalués, et d'autres qui seraient véritablement isolés des systèmes de pratiques en vigueur. Or, notre critique de la notion d'exploration telle qu'elle est utilisée par les arguments pro-autonomie (partie 2) peut également s'appliquer ici : la communauté scientifique formule peu, en pratique, de questions de recherche véritablement exploratoires, c'est-à-dire qui s'extraient de la situation comme ensemble de pratiques structuré par des fins partagées. Autrement dit, encourager explicitement la nouveauté, l'innovation ou l'exploration (pour reprendre les termes vagues abondamment mobilisés et véhiculés par les agences de financement) n'a pas de sens au regard de la dynamique interne du processus de recherche. Il s'agit donc d'un relâchement abusif des contraintes liées au pilotage, que nous proposons de qualifier de *défaut de pilotage*.

Plus largement, il nous semble donc que la démarche visant à proposer aux chercheurs plusieurs guichets possibles auxquels soumettre leurs projets de recherche est fautive. Elle relève d'une distinction non fondée sur le plan épistémique entre des types de recherche qui seraient différents par nature. La thèse pragmatiste de continuité permet de faire le départ entre la diversité réelle des pratiques scientifiques, et l'homogénéité des processus de recherche. Un bon schéma de pilotage doit refléter cette diversité des pratiques (condition 2), sans lui imposer de structure *ex-ante*.

XII.4 Pour un modèle alternatif de pilotage de la recherche : principes généraux

Le schéma général que nous proposons ici à la réflexion repose sur un double principe : pousser le champ scientifique à s'orienter en tenant compte des problèmes exogènes d'une part, et décentraliser le mode d'attribution des ressources afin de rendre justice à la logique interne du processus de recherche et à la diversité des pratiques épistémiques. Dans cette section, nous présentons en un premier temps les principes généraux fondant les modalités d'attribution des fonds dans ce modèle. Nous affinons ensuite ce schéma en traitant un certain nombre de questions qu'il soulève. Dans la section suivante, nous précisons les procédés de mise en œuvre pratique de ce modèle, passant par le développement de plateformes communes permettant un partage des pratiques et des projets possibles.

Tel qu'il émerge des analyses précédentes, tout l'enjeu d'un pilotage réussi consiste à (i) optimiser la mise en commun de problèmes identifiés par différents publics, de manière à faire émerger et à sélectionner des problèmes authentiques (en particulier, de questions de recherche importantes du point de vue épistémique), (ii) tout en reconnaissant, d'une part, l'existence d'une dimension im-

plicité des activités de recherche ne pouvant entrer dans ce processus d'orientation et, d'autre part, le caractère (plus ou moins) imprévisible du processus de recherche, et bien sûr (iii), en minimisant le coût financier et temporel du mécanisme d'allocation des ressources. Afin de répondre à ce triple impératif, ainsi qu'aux conditions idéales énoncées dans le chapitre X, nous proposons un modèle de pilotage reposant sur quatre principes généraux.

Le premier est celui d'unicité de l'espace de mise en commun des projets possibles. Pour le dire de manière schématique, les chercheurs ne présentent leurs demandes qu'auprès d'une seule instance de gestion de la recherche, cette dernière ne proposant pas de différenciation entre types de programmes. Ces projets reflètent la diversité des pratiques : collecte de données, mise au point ou amélioration d'une technique ou d'un protocole expérimental, test d'une hypothèse, développement d'un modèle explicatif. Comme nous le verrons dans la section suivante, cette mise en commun n'a de sens que si elle est couplée avec des mécanismes permettant d'identifier aisément les convergences d'intérêts, ce que ne permettent pas selon nous les modes actuels de rédaction des projets.

Le deuxième limite le pilotage externe à grande échelle de type SNR (autour de priorités disciplinaires ou thématiques) et lui préfère la sélection directe de projets mis en compétition sans orientations pré-définies les contraignant. Ce principe découle directement de nos remarques portant sur le danger de l'excès de pilotage : la formulation de priorités de recherche ne doit en effet pas empiéter sur la dynamique interne du processus de recherche ; cela revient donc à restreindre l'orientation soit à des thèmes très généraux, soit à des préférences disciplinaires dont nous verrons qu'ils gagnent à être fixées de manière décentralisée. Ainsi, nous prônons un pilotage fin, à très petite échelle : la centralisation (mise en compétition) et l'externalisation s'appliquent à l'échelle des projets de recherche eux-mêmes. Cette remarque ne signifie pas que l'orientation macroscopique de la recherche (par exemple, le fait de mettre l'accent sur la politique spatiale ou sur la construction d'un accélérateur de particules) doive échapper au débat politique ; cependant, force est de reconnaître qu'à cette échelle, la décision de relève pas d'un choix entre des alternatives mises en compétition. Pour ces orientations à très long terme, le débat change donc de nature ; des intérêts stratégiques internationaux deviennent en effet prégnants, et brouillent l'évaluation comparative de leurs intérêts épistémiques réels.

Le troisième remet en cause le processus d'évaluation par les pairs tel qu'il est utilisé actuelle-

ment pour sélectionner les projets à financer. Nous prenons acte des limites qui lui sont inhérentes, en particulier de sa difficulté à estimer de manière robuste la valeur des projets eut égard à l'état des pratiques. Nous proposons ainsi un mécanisme d'évaluation participatif, incluant l'ensemble de la communauté scientifique d'une part, et les publics extérieurs au champ scientifique d'autre part. Notre objectif est ainsi d'évaluer de manière objective la convergence des intérêts autour de pratiques scientifiques diverses. Finalement, l'identification des priorités de recherche devient un problème épistémique collectif et non plus le résultat d'une « cogitation d'experts » ne tenant pas bien compte de l'état réel des pratiques, pour reprendre une critique classique rapportée notamment par Rodaz (2017). Bien évidemment, la dynamique de publication et de diffusion des résultats est toujours soumise à la censure des pairs, qui en assurent la qualité épistémique.

Le quatrième et dernier favorise l'ouverture du processus de formulation *et* de choix des projets à une diversité de publics, au sens deweyien du terme. Les projets formulés découlent à la fois des problèmes endogènes et des problèmes exogènes. L'idée est donc d'inviter les différents publics (citoyens ou groupes de citoyens, acteurs économiques) à proposer des pistes de recherche (questions, problèmes, préoccupations) dont pourront se saisir les scientifiques pour les traduire en projets réalisables, ou les intégrer à leurs projets en cours. Afin d'évaluer la convergence des intérêts autour des projets les plus porteurs, ces différents publics doivent alors être amenés à se prononcer sur la valeur qu'ils attribuent aux propositions mises en commun. La décision finale (quels projets sont financés) découle alors de ce processus participatif de vote ou de notation. Là encore, cette étape de décision doit être facilitée en rendant la part explicite de la signification des projets la plus lisible possible pour le plus grand nombre. Ces bases une fois posées, un certain nombre de questions surgissent immédiatement, dont le traitement devrait nous permettre d'affiner notre schéma.

XII.4.1 Réponses à quelques interrogations

XII.4.1.1 Qui propose des projets ?

Deux questions sont ici à distinguer : celle de savoir qui propose des thèmes de recherche, et qui formule ces thèmes sous la forme de projets qui soient intégrés aux systèmes de pratiques scientifiques. En droit, la possibilité de proposer des questions ou problèmes de recherche est ouverte à tous : citoyens ou groupes de citoyens, acteurs économiques, sphère politique (administration publique), chercheurs et communautés scientifiques. Dans les faits bien entendu, l'organisation d'une telle consultation pose des défis à la fois institutionnels et philosophiques excédant les considéra-

tions épistémologiques de la présente thèse. On peut imaginer que selon les disciplines ou les sujets, les modalités de la participation changent : il est bien connu par exemple que certaines questions tendent plus que d'autres à rassembler des groupes de pressions constitués de citoyens concernés. Le cas des groupes de patients, souvent abordé dans les STS, est ici exemplaire (Rabeharisoa et Callon, 2002). Le cas des sciences de l'environnement, couramment utilisé pour illustrer les formes possibles de participation citoyenne dans les sciences (voir chapitre XI, section 5), peut également servir de support pour penser les mécanismes sociaux d'investissement des citoyens dans l'orientation de la science. De manière générale, des dynamiques sociales complexes sont susceptibles de favoriser ou décourager la participation des publics extérieurs au champ scientifique à la mise en œuvre des politiques publiques de recherche. Ces dynamiques peuvent bien entendues être pensées et régulées à l'échelle institutionnelle ; ici, certaines valeurs politiques jouent un rôle clé : veut-on valoriser le vécu des groupes marginalisés ? Préfère-t-on un modèle délibératif ou laisse-t-on les parties prenantes s'exprimer indépendamment les unes des autres ? Doit-on pousser un maximum d'individus ou de groupes à s'investir ? Sans prétendre apporter une réponse toute faite à ces questions, qu'il nous soit permis de risquer une hypothèse : il existe une tension entre la diversité des problèmes soulevés, et leur visibilité. Des communautés tendent donc spontanément à se constituer pour défendre leurs intérêts partagés : cette dynamique est à l'œuvre dans nos démocraties contemporaines, autour des partis politiques par exemple. Dans un contexte de répartition d'une quantité finie de ressources, on peut s'attendre à voir spontanément émerger des problèmes ou questions communes à un grand nombre de groupes de citoyens ou d'acteurs économiques. Il est également possible de considérer que les thèmes ou questions de recherche proposées doivent l'être de manière plus centralisée, en engageant les administrations publiques (ministères, instances régionales) à identifier elles-mêmes les problèmes exogènes. Bien entendu, il s'agit là encore de prises de positions politiques et éthiques, notamment en faveur d'une démocratie plus ou moins délibérative ou représentative. Le point important est que cette participation doit fournir une réserve de thèmes possibles de recherche, dont tout l'enjeu est d'assurer leur intégration au sein des pratiques scientifiques.

Cette étape d'intégration est à la charge des individus pratiquant la recherche, ces derniers ayant, du fait de la distinction entre dimensions implicites et explicites de la signification, une perspective privilégiée sur les convergences possibles d'intérêts entre problèmes endogènes et exogènes. La question est donc celle des mécanismes susceptibles d'inciter les scientifiques à puiser dans ces problèmes exogènes pour proposer des projets de recherche. Dans de nombreux cas, nous l'avons vu,

la co-construction des intérêts cognitifs et pratiques est le fruit des interférences entre financement public et financement privé. On pourra se référer, ici, au cas du développement de la génétique aux États-Unis dans la première moitié du XX^e siècle, voyant se mêler dynamique universitaire et investissements agro-alimentaires. L'attraction exercée par les problèmes exogènes peut également venir d'une volonté propre des scientifiques de résoudre des questions d'intérêts social ou économique, soit par goût personnel de l'utile, soit par désir d'acquérir une forme de reconnaissance et de crédit excédant les frontières du champ scientifique. L'intérêt des scientifiques pour l'intégration de problèmes exogènes peut émaner également du système de décision mis en place, impliquant les différents publics. Nous développons ce point dans la section suivante. Avant cela, notons que les acteurs économiques sont également invités à proposer des thèmes, questions, problèmes de recherche à ce stade ; comme ceux émanant de la société civile, ces derniers seront éventuellement pris en compte par les chercheurs dans les projets proposés.

XII.4.1.2 Qui décide des projets financés, et comment ?

Là encore, nous considérons que tous les individus doivent être aptes à identifier les projets qui leur semblent les plus pertinents. Le mécanisme le plus simple serait de permettre à chacun de choisir un maximum de N_i projets parmi l'ensemble des projets proposés, N_i étant dépendant de la somme totale allouée à la recherche publique et du coût des projets choisis. Il est ainsi possible, à l'issue de ce processus, d'avoir une idée du pourcentage d'individus intéressés par chaque projet. Il est bien évidemment nécessaire d'affiner cette évaluation en reconnaissant la diversité des publics : les communautés scientifiques, les citoyens ordinaires, et les acteurs économiques (c'est-à-dire, ceux ayant un intérêt financier à voir réaliser tel ou tel projet) ne peuvent être considérés comme équivalents dans la décision. Nous proposons ici de simplifier ce triptyque en excluant le troisième de ses termes – les acteurs économiques. Les intérêts économiques sont en effet déjà représentés dans les investissements privés venant compléter, comme nous le verrons dans les sections suivantes, l'attribution des ressources publiques. Une fois explicitées les préférences de la communauté scientifique (plus précisément, des chercheurs susceptibles de se voir attribuer des financements publics) d'une part, et de la société civile d'autre part, quel processus de décision adopter ?

Trois alternatives s'offrent à nous, selon que l'on valorise l'intersection ou la moyenne des préférences, ou que l'on délègue aux seuls scientifiques le soin d'évaluer la pertinence des projets. Notre objectif, rappelons-le, est de parvenir à évaluer la convergence des intérêts entre les systèmes de pratiques internes et externes au champ scientifique. Cette convergence est en effet censée refléter

l'authenticité des problèmes soulevés. Dans ce cadre, la troisième option pourrait être pertinente si l'on supposait une convergence naturelle entre les priorités scientifiques et les problèmes exogènes. Même si cette convergence était vérifiée au moins dans une certaine mesure, l'obstacle principal auquel fait face cette alternative est qu'elle risque de ne pas inciter les chercheurs à prendre réellement en compte les problèmes exogènes. Or, comme nous l'avons vu, indépendamment de toute considération politique ou éthique, cette prise en compte est bénéfique sur le plan épistémique. Il est donc positif de tenter de la valoriser, en intégrant explicitement l'avis des publics non scientifiques. Plusieurs solutions semblent alors possibles.

On peut éventuellement se baser sur la *moyenne* des intérêts : chaque projet se verrait ainsi attribué une valeur correspondant au pourcentage moyen des préférences. À partir de cette évaluation, une liste de N projets prioritaires peut alors être dressée, N dépendant du budget total alloué à la recherche et du coût de chaque projet. Une deuxième solution valoriserait l'intersection des intérêts. Soit les listes L_1 et L_2 , correspondant au classement par ordre de préférences (pourcentage d'avis favorables) des projets possibles (formulés par les chercheurs) par les scientifiques (1) et les autres publics (l'ensemble des citoyens ou leurs représentants) (2). Étant connue la somme totale allouée à l'effort de recherche, il est possible de bâtir à partir de ce classement deux listes prioritaires ayant une certaine taille T . Ces deux listes L_1 et L_2 constituent ainsi un ensemble de projets (de taille $2T$), dont il faut extraire un sous-ensemble N . Afin de prendre en compte conjointement l'avis des différents publics, on sélectionne alors les projets apparaissant dans les deux listes (on privilégie donc l'intersection des préférences). La taille T est alors ajustée pour parvenir à une liste finale de N projets pouvant être financés étant connu le budget total alloué. Il est difficile à ce stade de faire un choix entre ces deux mécanismes de répartition. Le premier a pour propriété de laisser une chance aux projets présentant un écart important de notation entre les différents publics ; cette configuration est en revanche défavorisée par le second : un projet plébiscité par 95% des chercheurs et seulement 5% des citoyens (ou de leurs représentants) sera sans aucun doute éliminé si l'on privilégie l'intersection des intérêts, mais peut conserver une chance d'être sélectionné si l'on opte pour leur moyenne. Il nous semble qu'un critère important est que le système choisi favorise l'avis des scientifiques : en effet, en l'absence d'évaluation formelle par les pairs, un danger de ce système est d'inciter les chercheurs à sacrifier la qualité ou la faisabilité épistémique des propositions à leur attractivité pour l'ensemble de la société. On retomberait alors dans une économie de la promesse souvent dénoncée comme une dérive d'une recherche trop attentive aux applications

potentielles de ses découvertes. Ainsi, le mode de répartition devra-t-il être fixé *ex-post*, après avoir testé concrètement les deux schémas d'attribution et choisi celui qui tend à favoriser le plébiscite des communautés de chercheurs. Éventuellement, cette comparaison peut-être établie pour chaque campagne de financement.

Notons que le point central de ce mécanisme de financement est qu'il écarte l'évaluation par les pairs sous sa forme classique pour privilégier un mode plus décentralisé d'attribution des ressources. Il retient donc des arguments libéraux défendant l'autonomie scientifique la nécessité de favoriser les interactions à petite échelle entre individus ou groupes de recherche ; il ajoute cependant à cette idée l'importance épistémique d'une prise en compte des problèmes exogènes et donc de l'avis des publics extérieurs au champ scientifique. Le contrôle qualité de la recherche est ainsi essentiellement restreint à la phase finale de publication et de diffusion des résultats, et d'évaluation de la qualité de la recherche.

XII.4.1.3 Comment intégrer les financements privés ?

Un modèle de financement de la recherche publique doit bien évidemment penser la place de la sphère privée, qui porte aujourd'hui une part tout à fait centrale de l'effort de recherche et développement. Outre les travaux exclusivement menés au sein des entreprises par les scientifiques et ingénieurs qu'elles emploient, comment penser les interactions nombreuses et nécessaires entre fonds privés et ressources publiques ? Il nous semble que le principe de *guichet unique* (d'espace commun de dépôt des projets) peut ici s'appliquer de la même manière : les entreprises peuvent venir piocher dans l'ensemble des projets soumis pour financer ceux qu'elles jugent pertinents pour leurs activités. Ce schéma doit aller de pair avec la possibilité laissée aux acteurs privés de proposer eux-aussi des pistes de recherches, qui pourront être intégrées par les chercheurs dans les projets qu'ils formulent. Plusieurs questions se posent alors : quel ordre de *priorité* sur le choix des projets doit-on privilégier entre acteurs publics et acteurs privés ? Les chercheurs employés par les entreprises (et éventuellement soumis aux contraintes de la propriété intellectuelle) peuvent-ils eux aussi proposer des projets dans cet espace commun, et donc prétendre à un financement public ? Et ces derniers peuvent-ils avoir le droit de vote pour classer ces projets, à l'instar des scientifiques travaillant dans la sphère publique ? Les réponses à ces questions engagent des prises de positions politiques sur des problèmes très contemporains, qui se présentent également au sein des systèmes actuels de financement de la recherche publique. En filigrane, on trouve notamment le thème des brevets ou des

conflits d'intérêts. Il s'agit donc d'un débat qui, bien que possédant une dimension épistémologique, sort du cadre de la présente thèse. Au minimum, il nous semble épistémiquement positif d'accorder à la sphère privée le droit de proposer des pistes de recherche, et de financer des projets soumis dans ce guichet commun.

XII.4.1.4 Comment permettre la mise en œuvre de thématiques prioritaires à grande échelle et/ou à long terme ?

Notre schéma, s'il exclue l'évaluation par les pairs au sens classique, se passe également, du moins à première vue, d'une orientation externe explicite. Plus précisément, cette orientation est décentralisée. Nous chercherons ainsi à privilégier les interactions à petite échelle entre la diversité des pratiques internes et externes au champ scientifique. La question se pose donc de la cohérence scientifique découlant d'un tel système d'attribution : ne risque-t-on pas de favoriser un foisonnement chaotique d'intérêts disjoints, nuisant au maintien à long terme d'une dynamique de recherche autour de thèmes, de spécialités et de disciplines structurant le champ scientifique ? Deux éléments peuvent être apportés pour tempérer cette crainte.

Tout d'abord, comme nous l'avons déjà souligné, il nous semble raisonnable de faire l'hypothèse qu'il existe une dynamique sociale encourageant la convergence spontanée des intérêts, au sein de la communauté scientifique comme dans l'ensemble de la société. En outre, le système choisi pour l'attribution des fonds, basé à la fois sur la soumission de propositions de questions de recherche et sur leur classement par ordre de préférence favorise ce processus. En effet, plus on soumet d'idées (pour les citoyens) ou de projets (pour les scientifiques), et plus on exprime de préférences diverses (par exemple, portant sur des problèmes de recherche très hétérogènes), moins on a de chance de voir réaliser les projets que nous jugeons prioritaires. Une balance se met donc en place entre la diversité des intérêts et la nécessité de formuler des préférences (et donc, de converger autour de priorités communes).

D'autre part, rien n'interdit aux pouvoirs publics d'influer sur l'expression des préférences des citoyens en organisant des sessions de délibération ou en éditant des guides proposant une série de priorités établis par une analyse d'ensemble de la situation. Même si le choix final peut rester entre les mains des individus, on peut privilégier un mode plus technocratique de prise de décision, favorisant le rôle organisateur et centralisateur de l'administration publique. Cela peut notamment être utile si l'on souhaite maintenir un appui à long terme sur des thématiques générales (la lutte contre le réchauffement climatique, la gestion des ressources, la protection de la biodiversité, etc.),

ou au contraire, assurer un financement ponctuel pour résoudre des problèmes urgents (trouver un vaccin ou un traitement pour une maladie nouvelle). Nos propositions doivent ici être couplées avec une réflexion approfondie en sociologie et en philosophie politique portant sur les modalités possibles de l'implication directe des citoyens dans la prise de décision.

XII.4.1.5 Ce modèle favorise-t-il la diversité et la stabilité disciplinaire ?

Cette question rejoint la précédente. Comme nous l'avons suggéré dans la partie 3, la prise en compte de problèmes exogènes est sans doute favorable à la diversification des questions et problèmes de recherche, et donc des disciplines et communautés scientifiques. En revanche, il est légitime de s'interroger sur les conséquences du schéma de financement que nous proposons sur la stabilité des disciplines et plus largement, des thèmes de recherche. Par exemple, comment seront représentées les communautés de niche, comportant peu de praticiens ? Notre modèle étant basé sur une mesure de l'authenticité (ou de la signification au sens de Kitcher) des projets, il est certain que les intérêts isolés (ne concernant qu'une petite fraction d'individus) tendront soit à disparaître totalement, soit à être dilués dans des systèmes de pratiques hétérogènes. Par exemple, l'astrobiologie en tant que discipline (ayant un poids relativement faible dans l'ensemble du champ scientifique) pourra se voir morcelée entre son intérêt pour les biologistes (origine et structures fondamentales du vivant), les chimistes (techniques d'identification des molécules présentes en petites quantités dans un échantillon), ou les astrophysiciens (teneur en matière organique dans les météorites). De manière peut-être plus marquante, notre schéma exclut toute valorisation active de la diversité disciplinaires par les agences de financement. Il s'oppose en cela aux arguments de certains défenseurs du pluralisme en science, comme Mitchell ou Longino (voir chapitres VIII et IX). Plus spécifiquement, et pour aborder une question relativement polémique, il ne peut y avoir selon nous de régulation explicite visant à lutter contre l'hégémonie d'une discipline ou d'une méthode, quand bien même ces dernières se pencheraient sur des objets « complexes ». Ainsi, lutter contre le réductionnisme ne peut passer que par la démonstration *pratique* qu'il est épistémiquement fécond d'abandonner la recherche de mécanismes de bas niveaux pour bâtir des explications. Cette démonstration pratique ne peut elle-même être entérinée que par le choix conjoint de l'ensemble de la communauté scientifique. Pour revenir sur l'exemple des critiques de la Fondation Rockefeller, accusée par Abir-Am (1982) ou Kay (1993) de favoriser à outrance les démarches réductionnistes (chapitre VII, p. 298), il y a de bonnes raisons de supposer que l'application de notre schéma de financement aurait convergé avec les choix faits à l'époque, pour la simple et bonne raison que les approches réductionnistes

étaient alors *objectivement* plus fécondes et présentaient donc un intérêt plus grand. De même, les critiques de Soto et Sonnenschein vis-à-vis du réductionnisme supposé des théories dominantes du cancer (chapitre IX, p. 408) trouveraient au sein de ce schéma de financement une manière de tester de manière objective l'intérêt réel qu'elles présentent pour l'ensemble de la communauté scientifique.

XII.4.1.6 Comment prendre en compte les différences de coût et d'ampleur des projets ?

Les projets formulés par les chercheurs sont bien évidemment susceptibles d'être d'ampleur (temporelle et financière) distincte. Notons ici que notre modèle s'applique à une échelle proche de celle actuellement mise en œuvre pour la majorité des projets financés par les agences de financements (ANR, NIH, NSF). Pour l'ANR, en ce qui concerne les appels à projets génériques et le programme blanc, le budget moyen par projet est relativement stable depuis la création de l'agence, et se situe autour de 400 000 euros pour une durée comprise entre 18 et 48 mois²⁴⁴. Comment notre modèle peut-il s'appliquer à des projets plus coûteux ? Par exemple, comment peuvent être gérés des programmes à long terme, impliquant notamment un effort important d'instrumentation (construire un accélérateur de particules, envoyer un robot sur Mars, etc.) ? Cette échelle est susceptible d'excéder celle des projets déposés par des individus ou des groupes de recherche partageant des intérêts communs. Elle dépend donc de décisions politiques dépassant le cadre fixé par les modes de financements proposés ici. Autrement dit, ce genre de décision ne peut émerger spontanément du système que nous détaillons. Elle doit donc dépendre d'autres mécanismes à grande échelle, pouvant impliquer des coopérations internationales. Ces mécanismes pourront par exemple prendre en compte l'opportunité de l'investissement en fonction de l'état des techniques actuelles, et de leurs possibilités d'amélioration futures : est-il pertinent de financer tel ou tel projet de grande ampleur dès maintenant, ou d'attendre quelques années ? Ce type de questions nécessite bien entendu un processus de décision beaucoup plus centralisé, impliquant une concertation des acteurs scientifiques, politiques et économiques. Étant donné qu'il s'agit d'investissements ponctuels, ils ne rentrent pas dans le modèle général que nous esquissons ici et qui a vocation à proposer un mécanisme pour le financement courant de la science.

²⁴⁴Les chiffres sont disponibles dans les rapports annuels de fonctionnement de l'ANR.

XII.4.1.7 Comment financer les collaborations internationales ?

Outre la question des projets à grande échelle, des travaux plus modestes, correspondant à l'échelle qui nous intéresse ici, peuvent nécessiter la mise en place de collaborations internationales. Les programmes de l'ANR laissent ainsi actuellement la possibilité de recruter des collaborateurs étrangers dans les projets soumis. S'il était possible de mettre en œuvre notre schéma de financement à une échelle excédant celle des États (si la totalité des ressources publiques allouées par les États étaient mises en commun), ce caractère international ne serait pas un obstacle. Si l'on ne fait pas cette hypothèse, il est possible d'assurer à l'échelle nationale la possibilité de financer des projets impliquant des collaborateurs ou des ressources (instrumentation...) étrangères. Les programmes proposés dans l'espace de mise en commun peuvent ainsi également être (plus ou moins) ouverts à l'international.

XII.4.1.8 Quelle temporalité pour les projets ?

Comme nous l'avons suggéré à plusieurs reprises, la question du temps imparti à la réalisation des projets est centrale. Le défi est de tenir compte de l'imprévisibilité du processus de recherche et de l'existence d'une part implicite de la signification pouvant nécessiter de mener des travaux qui n'apparaîtront pas dans les espaces de mise en commun des pratiques. Cette part implicite de la signification que porte chaque activité épistémique ne peut être appréhendée que de manière locale, à l'échelle d'une équipe de travail ou d'une collaboration entre individus menant des recherches proches. Ici, la mise en commun des pratiques, en facilitant l'identification des individus ayant des intérêts convergents, aide à la communication éventuelle de cette part explicite de signification ; celle-ci pouvant, éventuellement, devenir explicite. Par exemple, si plusieurs équipes utilisant un protocole, une méthode ou une technique similaire sont confrontés à des problèmes similaires (la variabilité du taux de *crossing-over* dans le cas du programme de Morgan) et développent des pratiques expérimentales distinctes pour les résoudre, cette diversité peut faire émerger un problème ayant une dimension publique de signification, celle-ci étant formulée et intégrée aux systèmes de pratiques. Il est donc nécessaire de ménager un espace permettant aux chercheurs de s'écarter des objectifs initialement fixés pour identifier et formuler de nouveaux problèmes. Pour ce faire, il est pertinent de relâcher les contraintes de pilotage. Cela peut être réalisé en laissant une marge quant au temps nécessaire estimé pour la réalisation du projet. Notons que le degré de relâchement peut être adapté selon les disciplines, spécialités, ou objets étudiés. Comme nous l'avons montré précédemment, la complexité peut ici être un critère pertinent. Plus précisément, les objets ou phénomènes

naturels dont le comportement est déterminé par un grand nombre de chemins causaux appartenant à des niveaux d'organisation distincts sont particulièrement sensibles à un pilotage mettant trop l'accent sur la réalisation d'objectifs prédéfinis, au détriment de l'identification d'indéterminations. La crise de la reproductibilité a ainsi touché en premier lieu des domaines comme la biomédecine et la psychologie. Pour certains champs spécifiques, il est donc pertinent de penser un relâchement particulier des contraintes, afin de valoriser davantage la formulation de questions nouvelles, de résultats négatifs, des obstacles rencontrés, etc. Notons que la complexité ne constitue que l'un des critères pouvant être pris en compte. Il existe sans aucun doute d'autres situations où il peut être avantageux sur le plan épistémique de relâcher les contraintes temporelles. Ceci peut être le cas par exemple des travaux qui dépendent de progrès techniques particulièrement délicats ou incertains à mettre en œuvre. Dans ces contextes, une démarche d'essais-erreur finalement fructueuse peut demander plus de temps qu'initialement prévu.

Sans préciser plus avant ce point, notons de manière générale qu'outre l'attribution éventuelle, au niveau institutionnelle, d'une marge de manœuvre supplémentaire dans le financement, le schéma que nous proposons est vertueux en ce qu'il permet un ajustement spontané, en fonction des objets et disciplines, de l'estimation du temps nécessaire à la réalisation des projets et à l'utilisation des résultats (éventuellement imprévisibles) obtenus pour proposer de nouveaux problèmes authentiques. En toute logique, l'attribution des préférences aux projets par les communautés scientifiques et par les autres publics dépend en effet d'une balance entre leur pertinence (leur signification) comparative et le coût qu'ils présentent : étant donné que les individus ne peuvent exprimer qu'un nombre limité de préférence (dépendant du montant total des ressources à allouer) un projet objectivement intéressant mais très coûteux pourra avoir des difficultés à attirer les suffrages. En conséquence, les chercheurs présentant des projets ont intérêt à demander pour eux une somme la moins élevée possible, tout en garantissant la possibilité de mener le projet au bout et de pouvoir éventuellement débiter l'investigation de pistes nouvelles permettant de formuler de nouveaux projets pertinents. Pour des situations où l'on peut s'attendre à certaines difficultés dans l'obtention de résultats robustes, ou à l'émergence de résultats inattendus pouvant ouvrir de nouvelles pistes de recherche, il peut être avantageux de prévoir une marge de manœuvre supplémentaire. Ce processus dépend cependant de la capacité du système à encourager le dépôt fréquent de projets de recherche susceptibles de soulever un large intérêt au sein des communautés scientifiques. Outre la nature même du schéma de financement, encourageant la formulation de problèmes authentiques, il est possible

de valoriser la candidature de projets jugés intéressants par les différents publics. Par exemple, le privilège accordé actuellement à la quantité de publications (favorisant, nous l'avons vu, la diffusion de résultats peu reproductibles) pourrait être tempéré par une attention à la capacité à proposer des projets porteurs, même si ces derniers ne sont pas financés. Il est possible ici d'ouvrir une piste de réflexion en épistémologie sociale, qui se pencherait non seulement sur les règles d'attribution de crédit ou de récompenses aux individus responsables d'une découverte importante (voir le chapitre III sur la division du travail cognitif), mais également sur la valorisation (prix, distinctions) de l'aptitude à proposer des projets soulevant un intérêt global.

XII.4.1.9 Comment aiguiller les différents publics dans leurs choix ?

Afin de rendre visible les problèmes exogènes, et de faciliter leur intégration aux pratiques en cours, il est possible d'ajouter au processus un comité d'experts scientifiques jouant un rôle de tuteurs aidant les citoyens à formuler leurs demandes et à adresser leurs préférences de manière cohérente. Comme nous l'avons déjà noté, les pouvoirs publics peuvent également jouer un rôle centralisateur en identifiant et en militant pour certaines priorités de recherche, puis pour les projets correspondants. La participation citoyenne directe peut aussi être plus ou moins administrée de manière à faciliter la constitution de parties-prenantes aptes à exprimer et défendre leurs intérêts. Si cela est jugé plus efficace, l'implication directe des citoyens peut enfin être remplacée par un système plus représentatif, où les pouvoirs publics (les ministères) décident des problèmes exogènes prioritaires.

XII.4.2 Retour sur les conditions de pilotage et schéma intermédiaire

Le schéma que nous proposons se caractérise donc à la fois par (i) une décentralisation de la prise de décision, impliquant un abandon de l'évaluation par les pairs au sens classique pour la sélection des projets ; (ii) l'unicité de l'espace de dépôt des projets et l'abandon de la diversification des types de programmes de financement ; (iii) la participation des publics extérieurs au champ scientifique (suivant un processus délibératif et/ou représentatif). Nous donnons une représentation générale de ce mécanisme de financement sur la figure 12.1.

Notons que ce schéma est en adéquation avec les conditions théoriques de pilotage énoncées dans le chapitre précédent. Premièrement, il met en œuvre un équilibre vertical entre la liberté de recherche et les contraintes liées au pilotage. S'il n'existe pas de distinction entre des types de projets quant au degré de pilotage auquel ils sont soumis, tous entrent dans un processus commun de mise en compétition. D'autre part, des espaces sont ménagés à petite échelle pour inciter les chercheurs

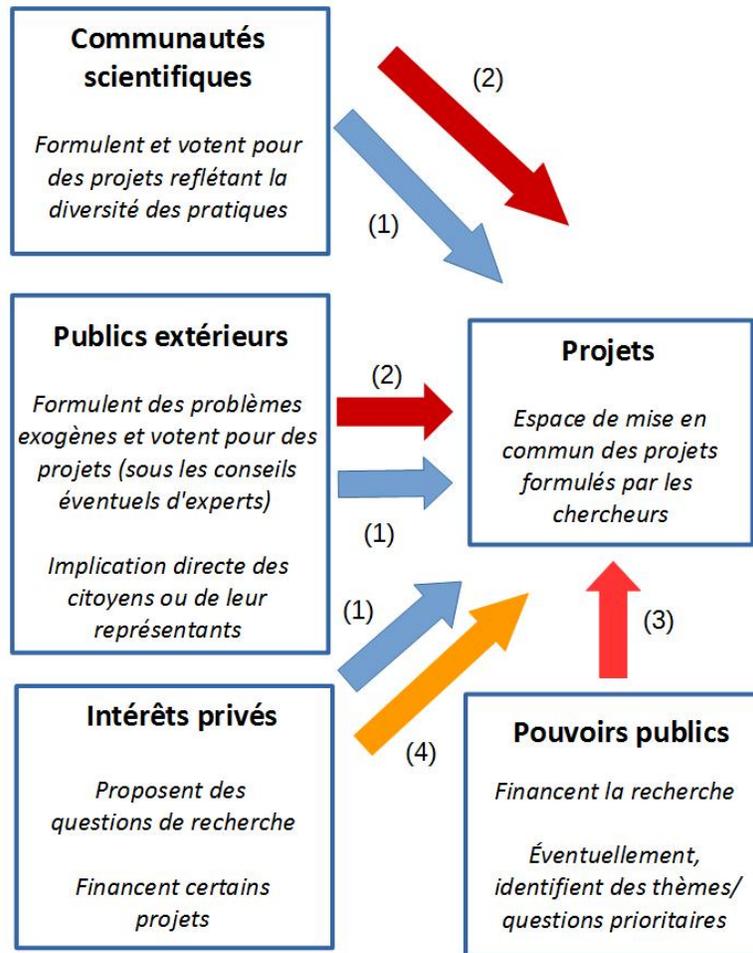


FIG. XII.1 – Schéma alternatif de pilotage (1) : représentation d'ensemble.

(1) Les publics extérieurs à la science, incluant les parties-prenantes, les citoyens ordinaires et les intérêts privés, formulent des propositions de questions de recherche que les chercheurs intègrent éventuellement à leurs pratiques en cours pour proposer des projets. Des experts peuvent éventuellement intervenir en tant que conseiller, et les pouvoirs publics peuvent également jouer un rôle dans l'orientation de l'avis des citoyens. (2) Les communautés scientifiques et les publics extérieurs établissent alors une liste des projets qu'ils souhaitent voir réaliser. (3) Sur cette base, les pouvoirs publics distribuent les ressources, en prenant en compte la moyenne ou l'intersection des intérêts (le système choisi devant avantager les décisions des chercheurs). (4) Enfin, les intérêts privés peuvent également piocher dans l'espace de mise en commun des projets et choisir d'en financer certains.

à ouvrir de nouvelles pistes de recherche. Deuxièmement, la mise en valeur des interactions à petite échelle au sein du champ scientifique et avec le reste de la société (contre l'évaluation centralisée par les pairs) contribue à la reconnaissance de la diversité des pratiques et de l'intrication des objectifs. Cela permet donc une évaluation objective de la convergence des intérêts, corrigeant les limites de l'évaluation par les pairs. Enfin, il rend possible une implication directe des publics extérieurs au champ scientifique tant dans la formulation de problèmes exogènes que dans la prise de décision concernant le financement des projets.

Ce schéma présente également l'intérêt de réaliser des économies importantes dans la gestion de la recherche. Les frais de fonctionnement des agences de pilotage sont ainsi réduits : le coût temporel et financier de la rédaction des plans d'action, mais également de l'évaluation des projets sont en effet fortement limités. En outre, le pilotage à grande échelle (par exemple, à travers la SNR) est lui aussi simplifié par l'attribution décentralisée des ressources. Bien entendu, ces économies pourront être réinvesties dans des efforts d'institutionnalisation de la participation des publics extérieurs au champ scientifique, sous une forme représentative (comme c'est le cas aujourd'hui dans l'élaboration de la stratégie nationale) ou mettant à l'honneur l'implication directe des individus.

Comme nous l'avons noté à plusieurs reprises, l'effectivité de ce modèle dépend cependant de sa capacité à instaurer un système de mise en commun des projets assurant leur lisibilité tant à l'intérieur qu'à l'extérieur du champ scientifique. Plus largement, il est nécessaire de penser les conditions d'une communication entre systèmes de pratiques qui donne son sens à la défense d'un espace commun de dépôt des projets. La dernière section de ce chapitre propose, de manière très prospective, un type de solution envisageable. Il s'agit ainsi pour nous de tenter un pas de plus dans la description des possibilités de mise en œuvre pratique de notre schéma alternatif de financement de la recherche.

XII.5 Éléments de mise en œuvre pratique

Le schéma de pilotage décentralisé que nous proposons a pour objectif de rendre plus aisé tout à la fois la reconnaissance de la diversité des pratiques scientifiques et celle de l'existence de multiples points de convergence entre systèmes de pratiques. Dans ce cadre, tout l'enjeu est de faciliter la lisibilité de cette convergence des intérêts, afin de mettre pleinement à profit l'existence d'un espace unique de dépôt des projets. Pour ce faire, nous proposons de mobiliser les outils de diffusion, de catégorisation et d'organisation des données développés dans le cadre des révolutions numériques actuelles.

XII.5.1 Un système de plateformes collaboratives

L'existence d'une dimension explicite de signification implique qu'il est possible, en droit, d'inscrire une recherche donnée dans un réseau de pratiques existantes. Concrètement, on peut toujours repérer un projet par les différents niveaux d'objectifs qu'il poursuit, les techniques et protocoles qu'il mobilise, les théories ou concepts dans lesquels il évolue : ce point découle directement de l'idée selon laquelle il n'y a pas de pratique de recherche qui soit parfaitement *isolée* vis-à-vis d'intérêts connus. Il est d'ailleurs à noter que les modalités actuelles de publications des résultats sous la forme d'articles de recherche s'inscrit déjà dans une telle démarche : un système de mots ou expressions-clés est en effet souvent utilisé pour référencer et classer les travaux afin de les rendre aisément repérable à l'aide d'un moteur de recherche.

Tout l'enjeu est dès lors de parvenir à représenter de manière optimale les interactions entre pratiques : le schéma proposé doit être fidèle à l'état des pratiques, mais également capable de transcrire leur aspect évolutif, permettre l'intégration de problèmes exogènes et constituer un outil facilitant l'émergence de nouveaux problèmes authentiques. Il est certain que les scientifiques menant la recherche doivent avoir un rôle clé dans l'élaboration d'une telle *carte des pratiques* ; cette dernière tâche doit être considérée comme centrale dans leur activité professionnelle, tout autant que la poursuite de leurs objectifs propres. En d'autres termes, chaque chercheur doit consacrer une part importante de son temps à situer explicitement son activité, temps qui est gagné sur les modalités de la formulation des projets en vue de leur sélection. Plusieurs systèmes sont ici envisageables : il nous semble, de manière générale, que les outils numériques actuels offrent de nombreuses solutions de classification et de visualisation de réseaux d'interactions. Il est à noter, d'ailleurs, que les réflexions contemporaines sur la question de l'*open-science* ont amené à imaginer certains systèmes de partage de données de recherche. Buck (2015) cite ainsi un certain nombre d'initiatives développées pour encourager la mise en commun des différentes étapes du travail scientifique dans un but d'amélioration de la transparence et donc de la reproductibilité, de la recherche. Par exemple, l'*Open Science Framework* permet de suivre l'évolution d'un jeu de données ou d'une publication et permet d'identifier le rôle joué par chaque contributeur (Foster et Deardorff, 2017). Dans le champ biomédical, le *Galaxy Project* constitue une plateforme de partage de données bio-informatiques. Le même type de support a été développé en biologie végétale, avec la plateforme *iPlant Collaborative*. Notons qu'il s'agit ici de tentatives encore locales et assez expérimentales, qui ne sont pas pensées

pour une utilisation massive étendue à des communautés hétérogènes. Il s'agit plutôt de répondre à des besoins spécifiques à certaines pratiques de recherche. En parallèle, des travaux existent qui tentent de développer des méthodes de visualisation des réseaux de collaboration, notamment sur la base d'une analyse des publications scientifiques (Lrhoul, 2015). Notre objectif n'est pas ici de penser dans leurs détails les modalités techniques d'élaboration de cartes des pratiques, mais ce genre d'initiatives fournissent une base de travail à prendre en compte. Concentrons-nous pour l'heure sur les principes plus généraux devant guider cette mise en commun des pratiques.

XII.5.1.1 Plateforme A : état des pratiques

L'idée de base est de mettre à contribution les chercheurs eux-mêmes pour les mener à localiser de manière explicite leurs activités dans le réseau des pratiques existantes au sein d'une base de données collaborative (plateforme A dans le schéma de la figure 12.2). De manière très simple, un système de mots clés peut être utilisé, situant les travaux dans des domaines/spécialités/disciplines, mais explicitant également les techniques, méthodes, outils mobilisés. Un court descriptif de chaque projet en cours, détaillant les objectifs poursuivis, peut également permettre de fournir les indications suffisantes à un partage des pratiques. La finalité d'une telle cartographie est en effet de permettre à chacun de repérer efficacement les individus ou équipes ayant des objectifs similaires et confrontés aux mêmes situations de recherche. Il s'agit ainsi de constituer une base de données, complétées par les chercheurs eux-mêmes et au sein de laquelle il soit possible de naviguer, en utilisant un moteur de recherche axé sur la reconnaissance des mots ou expressions-clés. Selon les contextes de recherche, ces mots et expressions servant de fondement à la classification des pratiques peuvent désigner des disciplines, domaines ou spécialités, des objectifs théoriques ou techniques, des méthodes expérimentales, etc. En guise d'exemple, les travaux d'Avery auraient pu être référencés en utilisant les mots clés « transformation bactérienne » ; « pneumocoques » ; « information génétique » ; « purification par chromatographie ». Ici, la variété des situations doit être appréhendée par les chercheurs eux-mêmes, qui restent seuls juges de la manière dont leur pratique s'intègre au mieux aux systèmes de pratiques existants.

XII.5.1.2 Plateforme B : espace de mise en commun des projets

Comment alors faire émerger et mettre en commun des questions et problèmes nouveaux ? Notons tout d'abord qu'il s'agit simplement ici de faciliter la dynamique interne du processus de

recherche : rappelons en effet, dans un cadre pragmatiste, que le degré d'authenticité est un critère central guidant l'identification et la formulation des problèmes à résoudre. Le travail collectif des chercheurs revient donc souvent à apprécier, au moins implicitement, les problèmes valant la peine d'être résolus et à rejeter les autres. La connaissance de l'état des pratiques est donc tout à fait centrale pour évaluer de manière objective l'intérêt d'une question de recherche. Dans ce cadre, la plateforme A a pour objectif de rendre *transparentes* les objectifs poursuivis et les moyens employés. L'idée est alors de référencer les projets possibles dans une autre plateforme collaborative (plateforme B sur la figure 12.2), utilisant le même système de mots et expressions clés. Cette plateforme doit permettre à chaque individu de repérer rapidement les projets susceptibles de l'intéresser, soit parce qu'ils utilisent ou proposent de développer une technique ou un protocole particulier, soit parce qu'ils se penchent sur un phénomène donné, soit parce qu'ils affinent une explication ou une théorie existante. Ce système de référencement doit aussi établir des ponts avec le reste de la société, en explicitant les liens possibles avec des problèmes exogènes. Cet effort est nécessaire afin de rendre les projets visibles, et donc d'attirer potentiellement les préférences des différents publics amenés à se prononcer.

Notons que le système de mots et expressions-clés, ainsi que la décentralisation de la prise de décision, doit également permettre d'alléger le travail de rédaction des projets. Il a en effet vocation à représenter de manière plus fidèle l'état des pratiques, ainsi que celui des besoins et problèmes locaux émanant du processus de recherche lui-même ainsi que des sphères sociales ou économiques. En conséquence, le mode de présentation des projets possibles est plus simple dans ce schéma, car il a vocation à s'adresser à des groupes directement concernés par les thèmes et questions qu'ils abordent. Le temps gagné sur la rédaction des demandes peut alors être réinvesti dans le processus décentralisé d'évaluation des préférences exprimées au sein de cette plateforme B, et de mise en commun des pratiques dans la plateforme A. Ces activités d'ouverture et de communication doivent ainsi devenir une part importante du travail des chercheurs.

XII.5.1.3 Plateforme C : problèmes endogènes

Afin de guider l'identification de nouveaux problèmes authentiques, nous proposons en outre de considérer une troisième plateforme (plateforme C) où serait reportés (avec un système similaire de mots et expressions-clés) les résultats surprenants, ou les échecs rencontrés, qui semblent *suffisamment* troublants pour être identifiés. Bien entendu, il ne s'agit pas de faire part de toute

observation inattendue : les chercheurs restent seuls juges de celles qui méritent ou non d'être relevées. Cependant, il est certain que la mise en commun des indéterminations et leur problématisation est facilitée (i) s'il est aisé d'explicitier, en quelques mots ou expressions clés, les résultats non attendus ou les obstacles rencontrés (ce qui n'est pas le cas aujourd'hui, étant donné les politiques de publication), (ii) s'il est possible de consulter une banque de données de résultats « négatifs » non publiés, afin de confirmer ou infirmer une observation réalisée dans une pratique donnée. Pour prendre un exemple simple, imaginons qu'un chercheur se rende compte, en mettant en culture une lignée de cellule C , que le milieu de culture M , pourtant classiquement utilisé, ralentit fortement la prolifération. Il serait alors bienvenu qu'il existe un moyen simple (i) de vérifier si cette observation a déjà été réalisée (avec cette lignée C , ou une autre), ou si la lignée C est connue pour être affectée par d'autres milieux de culture, (ii) d'enrichir la base de données en reportant (simplement) cette observation, (iii) de mobiliser l'ensemble des anomalies constatées pour formuler, le cas échéant, un nouveau problème. Si, par exemple, cette lignée C se révèle particulièrement sensible aux milieux de culture utilisés et qu'un résultat obtenu dans un autre projet montre que cette lignée possède une autre caractéristique (par exemple, une anomalie dans une enzyme E engagée dans une voie métabolique de synthèse d'un acide aminé A), les observations portant sur les milieux de culture vont pouvoir s'intégrer aux précédentes pour générer un problème authentique nouveau. Ce dernier chercherait, par exemple, à étudier les mécanismes moléculaires de synthèse de A , ou à optimiser les milieux de culture cellulaire. Éventuellement, on peut imaginer que la lignée C , comme souvent en biologie, soit issue de cellules tumorales humaines et que cette voie de recherche ouvre la possibilité d'un traitement novateur, utilisant, pourquoi pas, des inhibiteurs de l'enzyme E .

XII.5.1.4 Plateforme D : problèmes exogènes

Comment, dans ce cadre, prendre en compte les problèmes exogènes? Rappelons que ces problèmes doivent être rendus visibles aux chercheurs, afin que ces derniers puissent éventuellement les intégrer aux projets qu'ils formulent. En effet, la participation de différents publics à l'élaboration de l'agenda de la recherche est susceptible d'être épistémiquement positive si les problèmes, questions, demandes exogènes sont correctement intégrés aux processus de recherche en cours. Trois remarques préliminaires s'imposent ici. Premièrement, les modalités choisies pour cette participation peuvent être soumises à des conditions non strictement épistémiques : exigence de démocratie, poids donné à la sphère économique, représentativité politique des acteurs choisis pour mener les délibérations,

etc. Nous n'entrerons pas ici dans ce type de considérations, mais nos modalités de pilotage doivent pouvoir servir de base à une telle réflexion éthique et politique.

Deuxièmement, il faut noter la difficulté à isoler, concrètement, des problèmes exogènes indépendamment de l'état des pratiques scientifiques : comme le note avec justesse Grossetti (2000), il n'existe pas une « demande externe » susceptible de se construire sans interactions préalables avec le champ scientifique. Bien souvent, un problème devient socialement ou économiquement important parce qu'il est apparu au préalable comme un objet de science : c'est parce que des traitements contre le cancer ont commencé à être développés que la lutte contre la maladie a peu à peu été érigée en priorité ; ce sont les progrès des sciences du climat qui ont encouragé la fondation du GIEC et des politiques de protection de l'environnement. Il y a, bien évidemment, co-construction des problèmes endogènes et exogènes et c'est cette dynamique qui rend la question du pilotage épistémiquement complexe. D'ailleurs, les modèles théoriques de participation des publics, tout comme leurs mises en œuvre pratiques, ne séparent pas la formulation des priorités de considérations portant sur l'état des connaissances. Par exemple, le modèle de « science bien ordonnée » de Kitcher prévoit que les délibérations citoyennes soient *encadrées* par des experts scientifiques. Les programmes CIVISTI et CIMULACT proposent aux groupes de discussion des exemples de « visions » inspirés par les possibilités de la science contemporaine. L'élaboration de la stratégie nationale de recherche réunit quant à elle les instances scientifiques, les ministères et des représentants du monde économique.

Troisièmement, nous avons pu montrer dans la partie 3 que les interactions entre problèmes endogènes et exogènes avaient lieu et pouvaient se révéler fructueuses, à différents niveaux de la pratique scientifique : remise en cause d'un cadre théorique ou conceptuel (échecs des thérapies et critique du réductionnisme en cancérologie) ; orientation d'une discipline ou d'une spécialité dans son ensemble (citons le cas de l'importance prise par la génétique dans les sciences biologiques à partir de la première partie du XX^e siècle) ; développement d'une méthode ou d'une technique particulière (extraction de protéines bactériennes pour l'élaboration de vaccins par Büchner, utilisation de milieux de culture appauvris en vitamines importantes au niveau nutritionnel par Beadle et Tatum). En conséquence, un pilotage optimal doit être capable de repérer des problèmes authentiques à des échelles distinctes. Ainsi, par exemple, un modèle considérant que le pilotage externe doit se réduire à formuler de grandes orientations ne met sans doute pas à profit tout le potentiel épistémique des interactions entre problèmes endogènes et exogènes. C'est, assez typiquement, le cas du pilotage de la recherche publique en France : la SNR, résultat concret de la convergence des intérêts politiques/scientifiques/économiques, se présente sous le forme de thèmes très généraux (les dix défis).

C'est seulement dans un second temps que le comité de pilotage, puis les agences de financement et les institutions scientifiques, déclinent ces défis en orientations et en axes de recherche prioritaires, en se basant exclusivement sur le jugement d'experts de chaque spécialités ou disciplines. Autrement dit, si les acteurs non scientifiques sont intégrés au processus, cette participation est limitée épistémiquement (à la formulation de défis généraux) et temporellement (la SNR est formulée pour cinq ans). Il nous semblerait plus pertinent de mettre en place un processus permettant une interaction fine et continue entre les différents publics. Cette idée rejoint celle, plus consensuelle, d'un partage plus grand des pratiques et des données entre les communautés scientifiques : il s'agit ainsi d'élargir le modèle des plateformes numériques de mise en commun aux publics extra-scientifiques.

Le partage des pratiques, classées par système de mots ou expressions-clés, peut ainsi être étendu en générant une quatrième base de données (plateforme D), dédiée à l'expression *continue* de problèmes exogènes. De manière très générale, l'idée est de permettre de partager différents types de problèmes, questions ou demandes exogènes. Éventuellement, un groupe d'experts peut servir d'intermédiaires entre les publics et la communauté scientifique, en aidant par exemple à catégoriser de manière pertinente les demandes par le choix de mots-clés adaptés. Enfin, cette plateforme doit également être ouverte aux propositions émanant du monde économique, reflétant les intérêts privés. En fonction de leurs pratiques actuelles et de leurs expertises, les scientifiques peuvent ainsi puiser au sein de cette plateforme des problèmes susceptibles de donner lieu à des projets finançables par les sphères publiques ou privées.

XII.5.2 Schéma bilan

Résumons les principes généraux sur lesquels repose ce modèle alternatif de pilotage. Les descriptions proposées dans cette section sont représentées sur le schéma bilan de la figure 12.2. L'idée maîtresse est celle d'une décentralisation des décisions (voir section précédente), sur la base de plateformes collaboratives censées faciliter l'identification des intérêts convergents. Ces plateformes collaboratives fonctionnent sur un système de mots et expressions-clés et permettant (i) un partage des pratiques (plateforme A), (ii) des indéterminations/obstacles/résultats négatifs non publiés (plateforme C), (iii) des problèmes exogènes (participation de parties-prenantes, de citoyens ou de leurs représentants, de la sphère économique) (plateforme D), (iv) de projets de recherche possibles (plateforme B). Ces différentes étapes sont représentées sur la figure 12.2, venant compléter le schéma de la figure 12.1.

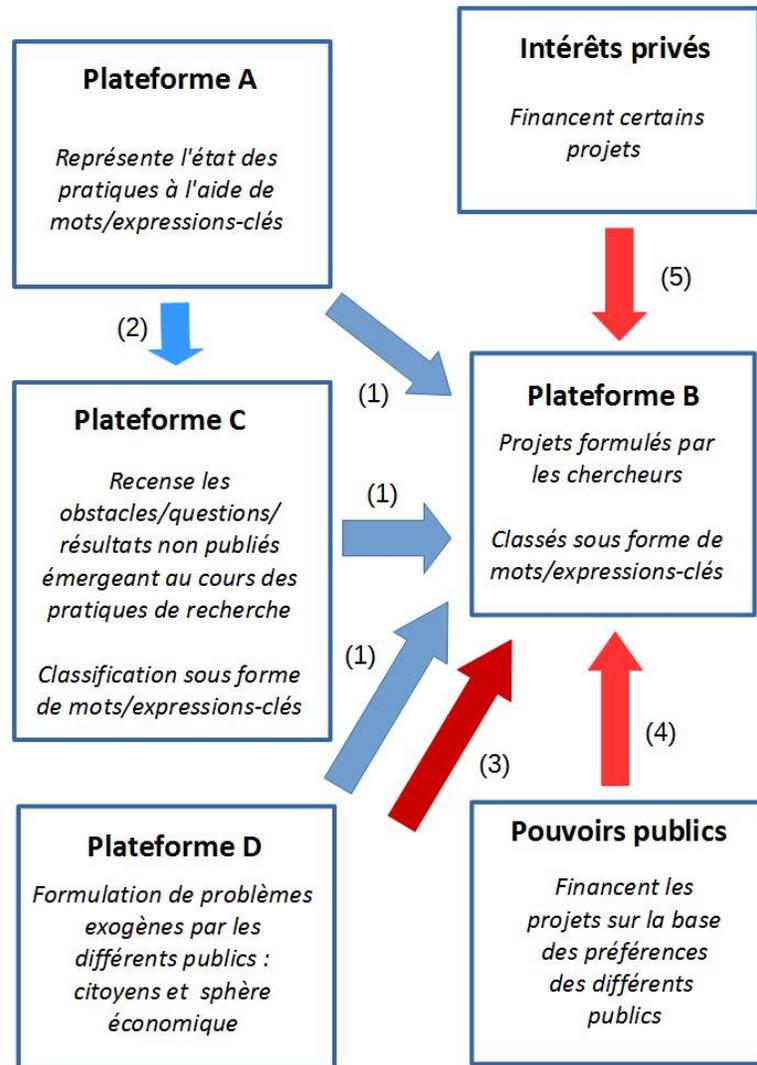


FIG. XII.2 – Schéma alternatif de pilotage (2) : rôle des plateformes collaboratives.

(1) Formulation de projets de recherche possibles (plateforme B) à partir du partage des pratiques scientifiques (plateforme A, (2)) ou des indéterminations rencontrées dans le cours de la recherche (plateforme C, (2')) ou des problèmes exogènes (plateforme D, (3)) exprimés par différents publics (citoyens, pouvoirs publics, intérêts privés) et éventuellement reformulés par des experts (4). (5) Vote collaboratif des scientifiques d'une part, et des citoyens ou de leurs représentants d'autre part. (6) Distribution des ressources sur la base des choix faits par les scientifiques et par les autres publics, reflétant la convergence locale des intérêts. (7) Participation des financements privés à l'effort de recherche.

XII.6 Conclusion

Le schéma général de pilotage que nous proposons est bien évidemment prospectif. Il s'agit avant tout d'une expérience de pensée ayant pour objectif de mettre en application les conditions théoriques de pilotage déduites de nos analyses épistémologiques. Nous espérons ainsi fournir un contre-modèle à opposer aux schémas actuels, valorisant une centralisation des décisions rendant le processus de choix à la fois très opaque, et selon nous épistémiquement contre-productif.

Ce contre-modèle repose sur deux principes généraux : une décentralisation des mécanismes de sélection des projets laissant de côté l'évaluation par les pairs, et une participation des publics dans la définition et le choix des projets à poursuivre. Après avoir présenté les principes fondamentaux devant guider sa mise en œuvre, nous avons suggéré qu'ils répondaient aux différentes contraintes épistémiques identifiées au cours de nos analyses. Nous avons enfin tenté d'en préciser les modalités en décrivant un système de plateformes collaboratives fonctionnant par mots et expressions-clés. Cette dernière proposition a simplement vocation à prolonger et optimiser les schémas actuels de diffusion et de classification des résultats de recherche. Le système collaboratif que nous décrivons nous semble ainsi apte à remédier aux défauts d'un pilotage orienté et centralisé comparant les propositions sur la base d'une évaluation par les pairs. Le temps gagné par les scientifiques sur la rédaction des projets est alors investi dans un travail constant visant à situer les pratiques scientifiques les unes par rapport aux autres et à identifier de nouvelles voies de recherche pertinentes, en intégrant les problèmes exogènes.

Notons pour finir que le schéma général que nous proposons est ajustable selon des critères non strictement épistémiques. La participation des publics peut par exemple obéir à des principes politiques divers. En particulier, la formulation de problèmes exogènes de manière à ce qu'ils soient visibles par les communautés scientifiques (plateforme C) peut être ouverte à tous, ou à des groupes d'intérêts, ou encore être le résultat de délibérations, etc. Elle peut également être pensée dans un cadre plus représentatif, comme c'est le cas pour l'élaboration de la SNR. L'examen de la légitimité et de la faisabilité des différentes modalités possibles d'une ouverture du pilotage (c'est-à-dire de la formulation et du choix des projets) à une diversité de publics sort du cadre de la présente thèse ; il interroge les principes de base régissant le fonctionnement de nos démocraties contemporaines.

CONCLUSION

Une perspective pragmatiste renouvelée sur la dynamique de la recherche scientifique

La présente thèse avait pour objectif de porter un regard épistémologique sur un problème à la fois simple dans sa formulation et redoutable par la multiplicité de ses enjeux : quelles limitations de l'autonomie scientifique sont acceptables, voire souhaitables, du point de vue de la production des connaissances ? Notre point de départ a consisté à aborder cette question, dont l'intérêt est tout à la fois philosophique (en ce qu'elle interroge la dynamique de production des connaissances) et politique (en ce qu'elle concerne les principes devant guider la gestion des fonds alloués au développement scientifique et technique), sous un angle épistémologique, en interrogeant les conditions optimisant la fécondité de la recherche scientifique. Malgré la prolifération actuelle des expressions composites qui adjoignent à cette notion de *recherche* des dimensions connexes censées en étendre la portée, de la « recherche et innovation » à la « recherche et développement », nous choisissons à dessein de l'utiliser comme un concept englobant se suffisant à lui-même. Une des thèses que nous avons défendue tout au long de ce travail est en effet celle de l'unité du processus de recherche, par-delà la diversité de ses objets, et la diversité des pratiques scientifiques. Cette diversité, incluant le développement de technologies nouvelles, la mise au point de protocoles, d'outils ou de méthodes expérimentales, la collecte de données, la construction de théories ou de modèles explicatifs, et la réflexion critique sur les modes d'acquisition des connaissances, ne doit en effet pas masquer l'existence d'une logique commune structurant les systèmes d'activités épistémiques. Nous avons proposé de rendre compte de cette logique en mobilisant une perspective pragmatiste renouvelée sur la dynamique de l'enquête (partie 2). Cela nous a permis de développer le concept de conservatisme pratique, complétant le conservatisme représentationnel que nous attribuons à Kuhn et Lakatos, comme propriété essentielle du processus de recherche. Nous avons alors pu nuancer l'idée selon laquelle il existerait des recherches plus *exploratoires* que d'autres, que les politiques scientifiques devraient explicitement valoriser.

Nous avons ensuite complété cette approche en proposant de distinguer entre problèmes endogènes et exogènes (partie 3). Après avoir montré que ce couple se substituait avec profit à la distinction classique entre science fondamentale et appliquée, ou inspirée par l'usage, nous avons tenté de discerner quelques mécanismes d'interaction entre problèmes endogènes et exogènes dans la dynamique d'acquisition des connaissances. L'histoire de la génétique, de la biochimie et de la biologie moléculaire nous ont alors servi de terrain d'étude privilégié. Ces exemples ont alors étayé plusieurs dimensions de notre argumentaire. Premièrement, ils nous ont permis d'éclairer et d'illustrer notre notion de conservatisme pratique, en montrant que, de manière en apparence paradoxale, les communautés de chercheurs tendent, en tant que collectifs, à manifester spontanément un manque de curiosité. Plus précisément, ils font preuve d'une curiosité pragmatiste que nous contrastons avec la curiosité exploratoire ou spéculative qui leur est parfois prêtée. Deuxièmement, nous avons pu construire une critique de certains modèles classiques décrivant l'orientation de la science par les besoins sociaux, politiques ou économiques, comme la *finalization thesis* de Böhme *et al.* (1983).

Dans un second mouvement, nous avons approfondi ce thème des interactions entre problèmes endogènes et exogènes dans le cas d'objets considérés comme complexes (c'est-à-dire dont le comportement est déterminé par une diversité de chemins causaux ancrés dans des niveaux d'organisation distincts). Pour ce faire, nous nous sommes arrêtés sur le cas des progrès historiques de la psychiatrie biologique et de la cancérologie au cours du XX^e siècle. Outre des données importantes concernant les mécanismes d'orientation de la recherche par le souci de l'utile et son rôle dans la production des connaissances fondamentales, ces analyses nous ont offert des outils pour critiquer certaines positions pluralistes comme celles de Mitchell ou Longino. Chacune à leur manière, ces auteures défendent la nécessité de lutter activement contre ce qu'elles considèrent être une hégémonie des méthodes et des démarches réductionnistes en biologie, en appelant à la valorisation explicite (c'est-à-dire à l'échelle des politiques de recherche) de la diversité des approches et des disciplines. Nous montrons que, malgré l'ancrage pragmatiste qu'elles revendiquent, cette position les éloigne sensiblement d'une philosophie des sciences authentiquement pragmatiste, qui donnerait priorité aux pratiques scientifiques *telles qu'elles se font* dans la pensée des conditions de la gestion collective de la recherche. Plus précisément, nous suggérons de qualifier leur approche d'anti-réductionnisme *spéculatif*, au sens pragmatiste du terme. Nous illustrons finalement cette notion d'anti-réductionnisme spéculatif en développant l'exemple des débats contemporains entre TOFT (*Tissue Organization Field Theory*) et SMT (*Somatic Mutations Theory*) comme théories explicatives du cancer.

Comment finalement mobiliser ces analyses relevant de la philosophie générale des sciences pour penser les modes de financement de la recherche, et à travers eux, les relations que la science doit entretenir avec les sphères sociale, politique et économique ? Dès l'abord de ce travail, nous avons rapproché la question du pilotage dans ses dimensions les plus générales de celle du lien entre l'autonomie du champ scientifique et la liberté de recherche d'une part, et la dynamique de production des connaissances d'autre part. Un des points de départ de notre réflexion consiste justement à relever les difficultés que présente cette dernière interrogation, et l'attention insuffisante que lui a accordée la philosophie jusqu'à présent au profit de disciplines comme la sociologie, l'économie ou les sciences de la gestion. En amont de ses aspects les plus pratiques, devant déboucher sur des propositions de schéma de financement, notre travail avait ainsi vocation à identifier plus précisément les formes que devrait prendre cette autonomie scientifique, et corrélativement les formes que devraient prendre ses limitations pour qu'elles soient épistémiquement positives. C'est pourquoi nous avons débuté ce travail en tentant de reconstruire des thèses pro-autonomie ayant un contenu philosophique solide à partir de l'analyse et de la discussion des arguments couramment avancés pour défendre l'autonomie du champ scientifique et la liberté de recherche comme une nécessité épistémique (partie 1). Nous avons ainsi proposé deux thèses valant la peine d'être prises au sérieux : la thèse libérale et la thèse anti-utilitariste, dont les parties 2 et 3 citées plus haut constituent une critique.

Quelle autonomie pour la science ?

À la lumière de ces analyses, que peut-on finalement dire du type d'autonomie qu'il convient de garantir au champ scientifique dans l'orientation de la recherche ? Précisons tout d'abord ce que, selon nous, l'autonomie scientifique ne doit pas être. Elle ne doit pas être entendue, en premier lieu, comme une *licence scientifique* qui autoriserait tout type de recherche au motif que la liberté intellectuelle est un moteur de la découverte. L'existence, par exemple, de contraintes ou d'interdits d'ordre éthique peut constituer un frein pour certains types de recherche, mais il peut tout autant se révéler un moteur pour l'inventivité : rappelons-ici le contexte de mise au point des cellules iPS comme réponse aux obstacles que présentaient les recherches mobilisant les cellules souches embryonnaires (chapitre II, p. 219). Surtout, l'autonomie scientifique ne peut être synonyme d'isolement complet des chercheurs dans la détermination de leurs objets de recherche. Ceci vaut tout aussi bien à l'intérieur du champ scientifique, et cible alors l'isolement des individus par rapport à leur(s) communauté(s) professionnelle(s), que dans les rapports entre le champ scientifique dans son

ensemble et les intérêts, problèmes, questions, besoins qui lui sont extérieurs. Finalement, ce qu'un principe d'autonomie peut et doit mettre en avant, c'est la perspective unique qu'ont les individus sur les pratiques spécifiques dans lesquelles ils sont engagés : l'identification des thèmes, questions, problèmes *objectivement intéressants* (authentiques, au sens de Dewey, ou significatifs, au sens de Kitcher) à résoudre gagne ainsi à reposer sur une diversité de points de vue singuliers. De cette idée en apparence simple, nous avons tiré deux conclusions susceptibles d'avoir une importance tant pour la philosophie générale des sciences que pour la question de la gestion collective de la recherche scientifique.

Tout d'abord, il est nécessaire de se méfier de tout pilotage qui voudrait adopter une perspective trop centralisatrice sur les pratiques de recherche. Nous retrouvons ici notre critique de l'anti-réductionnisme spéculatif de Mitchell ou Longino : il est périlleux de vouloir guider les directions empruntées ou les méthodes utilisées sans se référer à leur *fécondité épistémique*, c'est-à-dire, dans notre perspective pragmatiste, à leur capacité à poser des problèmes authentiques au sens de Dewey (ou significatifs au sens de Kitcher). Or, cette authenticité ne peut se déterminer que depuis les pratiques scientifiques elles-mêmes, dans leurs multiples dimensions : une réflexion générale sur les insuffisances du réductionnisme, par exemple, n'a pas de sens en dehors d'une mise en évidence des obstacles précis rencontrés dans le cours des pratiques de recherche. Le contexte de cette mise en évidence détermine tout à la fois la forme que prend le problème soulevé, et les solutions proposées pour le résoudre.

Cependant, cette remarque n'implique pas – et c'est notre second point – qu'aucune pression *externe* aux pratiques scientifiques ne doive influencer sur les directions qu'elles empruntent. Bien au contraire, nous avons montré tout le bénéfice épistémique que le processus de recherche peut tirer de l'intégration de problèmes exogènes. La revendication d'autonomie scientifique, lorsqu'elle consiste simplement à reconnaître que les praticiens de la recherche sont les mieux placés pour évaluer l'intérêt épistémique que présente un projet donné pour leur(s) pratique(s), est pleinement compatible avec l'importation de problèmes exogènes au sein de ces projets. Réaliser ce travail d'intégration est donc à la fois possible et épistémiquement positif. Le point important est que cette intégration doit être opérée par les chercheurs eux-mêmes, qui doivent donc y être *incités* et non pas contraints.

Pour un financement décentralisé et participatif

Finalement, quelles conséquences peut-on tirer de cette analyse de la notion d'autonomie scientifique pour la question des schémas de financement de la recherche ? Si l'autonomie doit se comprendre comme une mise en valeur de l'expérience propre des individus pratiquant la recherche et donc de leur expertise quant à l'intérêt des projets proposés pour les systèmes de pratiques, alors il faut privilégier un mode d'évaluation très décentralisé pour choisir les directions à suivre. En particulier, l'évaluation par un collègue de pairs semble être une option désavantageuse sur le plan épistémique : ce point, découlant directement de la logique pragmatiste, est confirmé par un grand nombre d'études empiriques mettant en évidence la difficulté de ce processus à estimer de manière robuste la valeur comparative des projets. De la même manière, la détermination centralisée de grandes orientations pour la recherche (prenant la forme en France de la stratégie nationale de recherche et des plans d'action de l'ANR) est un processus risqué (ou au mieux, inefficace) en ce qu'il tend à empiéter sur la logique interne de la recherche en recoupant de manière artificielle et non justifiée les systèmes de pratiques en cours.

Contre ces formes non optimales de pilotage, nous proposons un principe de décentralisation maximale à la fois pour la formulation des projets, idées, questions ou problèmes de recherche, et pour leur sélection. Cette décentralisation doit impliquer à la fois les chercheurs et les publics extérieurs à l'effort de recherche. Elle doit pousser les premiers, *sans les y contraindre*, à intégrer dans leurs pratiques les problèmes exogènes, et inciter les seconds (citoyens, groupes de pression, acteurs économiques) à participer au choix des projets.

Il nous semble que le mode de sélection que nous proposons dans la quatrième et dernière partie répond à ces deux objectifs. Premièrement, en permettant à l'ensemble des individus pratiquant la recherche de proposer des projets dans un espace commun, et d'établir une liste de préférences, on valorise l'expression de la diversité des types d'activités scientifiques et les interconnexions multiples qu'elles tissent au sein des systèmes de pratiques. Deuxièmement, en accordant cette même possibilité aux citoyens ou à leurs représentants, on incite les chercheurs à se pencher sérieusement sur les problèmes exogènes et à renouveler leurs pratiques en les y intégrant. Notons enfin que les interactions entre financements publics et privés sont également considérées dans ce modèle : les acteurs économiques sont invités à proposer des thèmes ou questions de recherche, et peuvent également sélectionner les propositions qui répondent à leurs intérêts dans l'espace de mise en commun

des projets.

Ce modèle est ainsi conçu pour optimiser la fécondité (au sens pragmatiste de capacité à poser des problèmes authentiques) et donc la productivité du processus de recherche en satisfaisant certaines de ses propriétés épistémiques fondamentales. Nous le proposons donc comme une voie possible afin de penser la maximisation du retour sur investissement de l'effort de recherche consenti par les pouvoirs publics et la sphère privée.

Au-delà du contenu de ce modèle, l'un des enjeux de ce travail était de montrer que l'épistémologie avait quelque chose à dire sur la question de la gestion collective de la recherche, et de tracer une piste de réflexion normative apte à compléter les apports empiriques des sociologues, des économistes ou des historiens, afin de faire de la science une entreprise à la fois productive sur le plan épistémique et sensible aux exigences de justice et de responsabilité qui s'imposent à la science dans nos démocraties contemporaines. Ce faisant, la présente thèse constitue, selon nous, un exemple de ce que peut être une « philosophie de terrain » au sens de Frodeman et Briggle (2016) : une démarche qui prend pour objet premier un problème ou un concept externe au champ philosophique (en tant que discipline universitaire), qui tente d'en extraire une question qui puisse être intégrée à une réflexion critique mobilisant, entre autres, les acquis et les débats des différents domaines de la philosophie universitaire, et revient vers son interrogation de départ afin de proposer une solution susceptible d'avoir un impact sur le monde social.

ANNEXE A
THE DIVISION OF COGNITIVE LABOR: TWO MISSING DIMENSIONS OF
THE DEBATE

B. Bedessem

Forthcoming in *European Journal for Philosophy of Science*

Abstract

The question of the division of cognitive labor (DCL) has given rise to various models characterizing the way scientists should distribute their efforts. These models often consider the scientific community as a self-governed sphere constituted by rational agents making choices on the basis of fixed rules. Such models have recently been criticized for not taking into account the real mechanisms of science funding. Hence, the question of the utility of the DCL models in guiding science policy remains an open one. In this paper, we show that two unconsidered dimensions would have to be taken into account. First, DCL studies miss the existence of distinct levels of epistemic objectives organizing the research process. Indeed, the scientific field is structured as a system of hierarchical, interconnected practices which are defined both by their inherent purposes and by various superposed external functions. Second, I criticize the absence of ontological considerations, since the epistemological significance of pluralism is highly dependent on the nature of the object under study. Because of these missing dimensions, current DCL models might have a limited usefulness to identify good practices of research governance.

1. Introduction

How should we allocate resources to scientific research? This question, although old ²⁴⁵, is of growing interest among scientists and policy makers. A current set of concerns revolves around the mechanisms of project selection by funding agencies, the role that peer-reviewing should play in grant allocation, and the institutional conditions promoting the development of innovative ideas (e.g Graves et al. 2011; Haufe 2013; Boudreau 2016; Fang and Casadevall 2016; Vaesen and Katzav

²⁴⁵See, for instance, Wilholt and Glimell (2011) for a synthetic historical panorama.

2017²⁴⁶). The recent proliferation of proposals to rethink the concrete conditions of science funding is strongly motivated by natural scientists themselves, and by the literature on the economics of science. But how may philosophy of science and epistemology enter these debates? Our paper considers this question by proposing a critical assessment of the benefits and limits of the social epistemology models of “division of cognitive labor”, when trying to deliver policy advice.

One of the main epistemological questions at stake about the mechanisms of science funding concerns the consequences of the institutional arrangements which regulate the allocation of resources to scientific research on the growth of knowledge. Formulated as such, our first interrogation exhibits its link with what Goldman and Blanchard (2016) defines as the “third branch” of social epistemology²⁴⁷. As noted by the authors, this “third branch” largely focuses, since Kitcher’s (1990) early work, on the question of the division of cognitive labor (DCL), seeking to describe what might be an optimal division of tasks between competitive approaches within a given scientific community, and to assess the institutional conditions promoting the achievement of this optimum. More precisely, Kitcher’s (1990) initial question is the following : “what is the optimal division of cognitive labor within a scientific field, and in what ways do personal epistemic and non-epistemic interests lead us toward or away from it ?” (p.22). This inquiry was recently renewed by Viola (2015) which asks “(1) which is the optimal distribution of cognitive efforts among rival methods within a scientific community ? and (2) whether and how can a community achieve such an optimal distribution ?” (p.1). These questions ground an active line of research, mostly dedicated to the development of mathematical models. Such models propose solutions to Kitcher’s optimization problem by focusing on rewards or credit schemes (e.g Strevens 2003 ; Zollman 2018), on the cognitive structure of the scientific community (e.g Weisberg and Muldoon 2009), or on the effect of project selection by centralized funding mechanisms (Avin 2018). Since recently, some of these agents-based models manifest an explicit interest in providing concrete policy advice (Viola 2018), notably about the modalities of the allocation of resources (Kummerfeld and Zollman 2016 ; Avin 2018) and the cognitive structure of scientific communities (Pöyhönen 2016). However, this ambition is tempered by the existence of

²⁴⁶Of course, the question of the governance of science is not limited to that of the processes of grant allocation by funding agencies. Our paper exclusively deals with epistemic considerations, but ethics and political philosophy also have their say. The so-called “responsibility” of research and innovation (Arip 2016), and the democratic involvement of citizens in science policy decisions (Kitcher 2001) constitute central perspectives on this matter.

²⁴⁷Devoted to the “assessment of the epistemic consequences of adopting certain institutional arrangements or systemic relations as opposed to alternatives”.

inherent limits to modeling activities in social epistemology. As with models designed to describe a domain of the real world, it is possible (and welcome) to question the simplifications, idealizations and background hypotheses which are susceptible to amend the descriptive and normative value of DCL models (Yloski 2014; Pöyhönen 2016). Given the well-recognized difficulties to assess the exact benefits and limits of these works, it is then common to note that “there is much work left to do” (Muldoon 2013, p. 124) to improve or judge their epistemological and political value. The injunctions to prudence in interpreting the results of the DCL models ²⁴⁸ raises the question of their exact interest in guiding the institutional regulation of research, and notably the mechanisms of grant allocations by funding agencies.

In this paper, we aim at showing that a major threat to the descriptive and normative value of current DCL models is a fundamental lack of clarity about the exact object which is divided. As we shall see, authors consider without distinctions the allocation of resources to “theories”, “approaches”, “methods”, “research programs”, “research projects” etc. By doing so, they bypass two important dimensions of the epistemological reflection about the division of cognitive labor. First, the epistemic choices made by researchers are determined by a hierarchical network of shared objectives, from experimental, technical practices to conceptual and representational activities. Second, the significance and the form taken by epistemic diversity are highly dependent on the kind of object under study. Our argument is that these elements should be carefully taken into account when building DCL models and when interpreting the results obtained. We suggest, based on concrete instances of such social epistemology modeling, that the ignorance of these features leads to unsatisfying conclusions about the desirable institutional conditions of research. Finally, more than a refinement of the mathematical models used, what is needed to improve social epistemology insight in research policy is a qualitative reflection about the dynamics of scientific progress.

²⁴⁸Some instances of this interpretative prudence, among others : “Can our models fix useful concepts and provide templates for causal mechanisms that could be at play? Could they be used to help shape the debate around emerging policy decisions? The answers will come from future work in the field” (Avin (forth.), p.32); “The cautious conclusion to be drawn from these differences is that, in its entirety, the relationship between diversity and epistemic performance is likely to be more complex than can be captured by any simple model” (Pöyhönen 2016, p. 4530); “Of course these models are limited in two critical ways. First, they proceed into idealizations about the structure of the scientific community and about individual scientists. Real scientists and scientific communities are more complicated than our models, and it is always possible that a critical causal factor has been left out” (Zollman 2018, p. 26).

2. DCL models : common architecture

a. A (short) systematic review

Many reviews of the different kinds of works dealing with the DCL problems are available (see, for instance, Muldoon 2013; Goldman and Blanchard 2016; Avin (forth.)). Let us reiterate here the main directions taken by philosophers interested in this question since Kitcher's (1990) seminal study. The starting point is the idea of a tension, within scientific communities, between individual and collective rationality. Kitcher imagines the case of a shared objective (for instance, determining the physical structure of a certain molecule), with two competitive methods to reach it – method I and method II, method I being known as more accurate. For Kitcher, a purely rational epistemic agent will choose method I to solve the problem posed. Yet, this behavior does not optimize the division of cognitive labor, which would (mathematically) benefit from a more balanced distribution of human resources between method I and method II. Kitcher then shows that this idealized community may be nearer to the optimum if there exists a reward scheme according a larger reward to scientists working on the less popular “research program”. This mechanism will be efficient on the condition that scientists do not follow a strictly epistemic rationality, but have other sources of motivation (professional credit or rewards). Following this line, Strevens (2003, 2013) proposes another reward scheme, based on the “priority rule” according to which the first research program that discovers a certain result gets all the reward. Zollman (2018) develops a quite distinct mathematical model to assess the effect of the search for professional credit (versus the “seek the truth”) on scientific progress.

Besides rewards and credit, other factors were studied for their ability to optimize the division of cognitive labor. Zollman (2010) addresses the formation of consensus on the right theory of a given phenomenon. Considering two theories T1 and T2, T1 being favored in the initial experiments, he suggests on the basis of historical instances that it may be rational, at the scale of a given scientific community, to pursue the poorly justified theory T2 (because T2 may be, finally, the right one and should not be eliminated too quickly). Using computer simulations, he then (not surprisingly) shows that the communication rate between individuals influences the collective rationality : structures with less communication may score better in choosing the right theory.

A third kind of factor influencing the division of cognitive labor is mobilized by the epistemic landscape models launched by Weisberg and Muldoon (2009). Here, it is the “cognitive diversity” which is put to the fore. The authors consider an “epistemic landscape” explored by individuals fol-

lowing distinct engagement strategies. This epistemic landscape represents, in a three dimensional space, all the “research approaches” possible in a given field of research (Pöyhönen 2016), and their respective significance ²⁴⁹. Epistemic agents may adopt a “control” engagement strategy (they move in the landscape without taking into account the behavior of the other agents), or be “followers” (they adopt the most significant programs explored by their predecessors); they also can behave as “Maverick”, and explore unknown zones. The idea is then to determine, depending on the initial conditions (size and shapes of the landscape) which population, or mix of populations, optimize the division of cognitive labor (the cumulated significance of the research process) (Weisberg and Muldoon 2009; McKenzie and Himmelreich 2015; Pöyhönen 2016).

All these works share an identical macro-conception of the dynamics of science as a closed system internally regulated by an invisible-hands mechanism (Wray 2000). Individual scientists are free to choose the direction of their research, in a context of unlimited resources (Viola 2015). In particular, there is “no superintendents” (Strevens 2013, p. 21). Against this idealization, Viola (2015) insists on the necessity “to consider the role of external social factors such as the political decisions to pursue some or other scientific project” (p. 9). In particular, the role of funding agencies should be explicitly addressed. Following this line, Avin (forth.) renews the epistemic landscape model to study the effect of “centralized funding” on the division of cognitive labor. He simulates distinct ways of funding science, based on the estimated significance of the project (its position on the epistemic landscape), on the time passed by the individuals in the system, or on a lottery (random distribution). Depending on the size of the epistemic landscape, he shows that the lottery strategy may be the best one in terms of cumulative significance of the projects followed. He concludes that dealing with the classical opposition between “plausibility and originality” (Polanyi 1962) or “exploration and exploitation”, a random allocation of resources may optimize the division of cognitive labor. He links this result to more qualitative arguments defending lottery as a good way to select projects (Gillies 2014, Fang and Casadevall 2016). Let us add, to close this rapid outlook on the DCL models, the work of Kummerfeld and Zollman (2016), which aims to quantify the “conservatism” of a scientific community constituted by individuals left to “their own devices” (p. 1057). As Kitcher did, but by using more intricate mathematical machinery, they suggest that individual epistemic rationality

²⁴⁹As noticed by Pöyhönen (2016), significance may be understood according to Kitcher (1993) (Chap. 4) and Kitcher (2001), as “the significance of the truths that can be uncovered by using this approach” (Pöyhönen (2016), p.4522).

conflates with the optimum division of cognitive labor when individuals have to choose between a “risky” and a “safe” alternative. They conclude that the mechanism of grant allocation should voluntarily fund a certain amount of “risky” projects, to compensate the endogenous “conservatism” of the scientific community.

All these DCL models have a common architecture, that is to say, they share a common general formulation of the question of the division of cognitive labor in science, and a common scheme to solve it. The starting point is to consider a certain pre-defined objective *O* to reach, which is shared by a given community. Typically, this objective may be a (theoretical, experimental, utilitarian, technical) problem to solve. It may also be, specifically in the case of epistemic landscape models, an ensemble of objectives defining a research area. The authors then consider the existence of various means *M_i* to reach *O*, each of them having a utility function quantifying their ability to fulfill *O*. The central aim is then to distinguish the individual instrumental rationality²⁵⁰, which tends to maximize the probability, for each researcher, to reach *O*, and other “non-epistemic²⁵¹” factors, such as the search for rewards or professional credit, the cognitive features of the individuals or the centralized selection of means by funding agencies. The shared general conclusion, since Kitcher’s work, is that researchers (or peer-reviewers affiliated to funding bodies) only following individual instrumental rationality do not optimize the division of cognitive labor. Indeed, since all possible research projects (*M_i*) have a certain probability to reach *O*, it is counter-productive to concentrate resources only on the most promising approaches. Yet, individual instrumental rationality is supposed to generate the phenomenon of herding on secure alternatives. Reciprocally, “non-epistemic” factors may positively

²⁵⁰Let us maintain, following Kelly (2003), that instrumental rationality classically designates “the rationality which one displays in taking the means to one’s ends” (p. 612)”. It is opposed to epistemic rationality, defined as “the kind of rationality which ones displays when one believes propositions that are strongly supported by one’s evidence and refrains from believing propositions that are improbable given one’s evidence”. In DCL models, as noted by Zollman (2018), epistemic rationality is understood as a form of instrumental rationality : “epistemic rationality is a species of instrumental rationality, viz. instrumental rationality in the service of one’s cognitive or epistemic goals” (Kelly (2003), p. 613). In other words, epistemic rationality is expected to be mobilized to choose the best alternative (the *M_i* which has the estimated highest probability to reach *O*) to solve a cognitive or epistemic problem. This instrumentalist conception of epistemic rationality corresponds to the multiplicity of the (cognitive, practical, utilitarian) kinds of objectives considered in the DCL models.

²⁵¹The opposition between “epistemic” and “non-epistemic” factors may be discussed, since the objective of DCL models is precisely to show that “non –epistemic” factors positively influence the search for truth. However, the rationale behind this distinction lies on a contrast between the motivations guiding the choices made by researchers, as well exposed in Zollman (2018). If these motivations are exclusively those of solving the problems posed to the community, they are considered as acting as purely epistemic agents –even if this problem is not itself strictly cognitive.

modify the division of cognitive labor by promoting the exploration of more risky alternatives. The first step in the elaboration of DCL models is then to define a theoretical optimal distribution of resources. This optimal DCL may be mathematically expressed (e.g in Kitcher 1990 ; Strevens 2003 ; Kummerfeld and Zollman 2016), or implicitly fixed by the initial conditions chosen. This is the case for the epistemic landscape models, where the pre-determined form of the landscape determines what would be an optimal distribution of labor to explore it given certain initial funding conditions (number of researchers and number of projects selected) and respect to a given variable (for instance the cumulative epistemic significance reached).

b. What exactly is divided ?

Let us specify this general scheme, by addressing a crucial point : what, exactly, is thought to be divided ? In other words, what are exactly M_i and O ? The question is relevant, since the authors apply the same schemes to distinct objects. As noted by De Langhe (2014), “Kitcher’s basic unit of analysis is “methods,” Strevens uses “research programs,” and Brock and Durlauf use “theories.”” He adds : “because as far as their dynamics of adoption are concerned the literature uses these concepts interchangeably, I will use only the concept of “theories” understood as standards for the division of cognitive labor to which individual scientists make contributions” (p. 445, our italics). Kummerfeld and Zollman (2016) explicitly recognize this indeterminacy, when they clarify their notion of “general research project” by including in it “different theoretical commitments, paradigms, research methodologies, treatments strategies in medicine, and so on” (p. 1059). This vagueness of the object which is divided is particularly significant in the epistemic landscape models. Pöyhönen (2016) explicitly addresses the question of “what does an epistemic landscape represent”, and deduces that they are not “a search space for a single problem” (p. 4525). An epistemic landscape would stand for a “scientific research topic (e.g synthetic biology, astrophysics, endocrinology)”, divided into “different but complementary research approaches”. For instance, the authors argues, “attempting to synthesize novel DNA nucleotides and studying the stability of these molecules by computational methods are independent but both necessary research approaches in synthetic biology” (p. 4523). Interestingly, he adds that the “discrete patches” composing the epistemic landscape “represent a combination of (i) a research question being investigated, (ii) instruments and methods for gathering and analyzing data, and (iii) background theories used to interpret the data”. Consequently, as the author confesses himself, “epistemic landscapes underlying real scientific research involve a greater number of interdependencies between the elements of approaches (question, instrument, me-

thods, theories)” (p. 6). These precisions are the most complete we may find within the literature of epistemic landscape models. The works of Weisberg and Muldoon (2009) or Avin (forth.) consider epistemic landscapes as an ensemble of “research approaches” or “projects”.

This diversity of *Mi*’s nature also reflects in the multiplicity of kinds of objectives *O* which are mobilized as examples illustrating the DCL models. Kitcher (1990) takes the case of the elucidation of the physical structure of a given molecule (of medical importance); Zollman (2010) that of the explanation of a disease (the peptic ulcers), or more generally that of all “truth seeking” objectives (Zollman 2018); Goldman and Blanchard (2016) cites the elucidation of the structure of the DNA; Pöyhönen (2016) considers “the study of opioid receptors in chemical biology, or critical phenomena in statistical physics” (p. 4530) etc.

What we want to show in the next section is that because of the interchangeable use of distinct kinds of ends and means, two important dimensions of the dynamics of scientific progress are absent from the DCL models. Then, in the third section, I will suggest that these absent dimensions are missing dimensions, in the sense that they should be explicitly taken into account when interpreting the results of DCL models –which is never done in the corresponding papers. We conclude that to be politically relevant, works on DCL do not need to improve the sophistication and/or the mathematical complexity of their models, but should consider seriously some qualitative epistemological issues about the logic of scientific research.

3. Two absent dimensions of the debate

The argument we will defend here is that the current DCL models may not give an accurate description of what could be a theoretical optimal division of cognitive labor (first step of the DCL models). In particular, two dimensions are absent. First, it has to be noticed that the scientific field is structured as a system of hierarchical, interconnected practices motivated by a superposition of different kinds of objectives. Second, the epistemic significance of pluralism is highly dependent on the nature of the object under study, and as a consequence, depends on the discipline or field of research considered.

a. Research objectives are embedded within various systems of practices

Let us imagine a given objective *O* that could be taken as an example in a possible DCL model : the search for a treatment against a new, unknown bacterial disease *D*. Let us also suppose that there exist two general ways to solve this problem : for instance, the search for a vaccine (*Mv*), or for a new antibiotic molecule (*Ma*). Each mean *Mi* has an estimated utility function, and epistemic agents are supposed to distribute their effort following different rules (instrumental rationality, credit, rewards, random selection etc.). These utility functions may be estimated, for instance, on the basis of past successes in dealing with bacteria belonging to the same biological class. However, this is not the end of the story. We can imagine that each *Mi* constitutes itself an objective which can be fulfilled by following distinct possible ways. For instance, there may exist various different methods to prepare a vaccine (by targeting distinct proteins from the bacterial membrane), and various techniques to find antibiotics (molecular screening, or rational-drug design (Adam 2005). And each of these methods defines a new objective, with potentially various means to achieve it. This recursive logic may be even more complex if we consider higher-level alternatives. For instance, the modern techniques and concepts used in medicine, anchored in cell and molecular biology, may be questioned by more holistic conceptual frames –found in some “traditional” medical practices. The initial objective *O* may then be fulfilled within two general approaches, anchored in opposite representations of diseases, organisms, or life itself (*C1* and *C2*). Besides, it is worth noting that the competition between *C1* and *C2* may have an importance for many other objectives *O* –in medicine or fundamental biology. To consider this interlocking of objectives, we propose to invest, as a conceptual toolbox, the general “grammar of scientific practices” recently formulated by Chang (2014).

The contemporary attention to science “in practice” (Soler et al. 2014) gives a representation of science, as a process, made of interconnected networks of more or less independent types of practices. The so-called “new-experimentalism”, notably launched by Hacking (1983), aims at describing in detail the heterogeneous elements entering experimental practices (Chang 2014). These experimental practices are considered as “hav[ing] a life of their own...” (Hacking 1983, p. x), independently of their hypothesis-testing role. Later, the need appeared to integrate representational (conceptual, theoretical) activities in the frame of scientific practices (Woody 2014). Following this line, the activities of epistemic agents are multidimensional, since this notion of practice includes “physical, mental, and “paper-and-pencil operations””, as argued by Chang (2014) (p. 68). Chang then proposes

the notion of “system of practices” to describe the hierarchical interlocking of “epistemic activities” motivated by distinct “aims”. First, in this scheme, “all scientific work, including pure theorizing, consists of actions” (our italics, p. 67). An action (or an activity, in Chang’s “grammar of scientific practices”) performed by an epistemic agent, is characterized by the “presence of an identifiable aim” (p. 72). To reach this aim, the agent develops “a coherent set of mental or physical operations (...) in accordance with some discernible rules” (Idem). This activity, led by “inherent purposes”, is also motivated by “external functions”. For instance, the act of lighting a match mobilizes a set of operations, and may be part of a more global plan (for instance, to light a Bunsen burner), itself constituting an activity within a larger system of practices (aiming to answer a theoretical question, or to find a new therapy etc.). The notions of “activities” and “systems of practices” are then relative, and depend on the scale of analyses. The important point is that each action performed by an epistemic agent is integrated in a hierarchical network of purposes, and is characterized by its internal coherence ²⁵². In Chang’s scheme, coherence is ensured by the success in achieving one’s end. More generally, we may consider that the coherence is linked to the relevance of the means used to reach the objective motivating the activity (or system of practices) in question. In other words, coherence is ensured by the deployment of instrumental rationality, leading to determinations of the means most adapted to the ends considered (Kelly 2003 ; Zollman 2018). Let us recall here that these activities or systems of practices may gather distinct kinds of (mental, physical) objectives, and then distinct kinds of means M_i : technical operations, setting-up of experimental protocols, formulation of new concepts or new theories, etc.

How can we apply this scheme to the question of the division of cognitive labor ? As DCL models do, let us first consider, in a God’s eye perspective, the possibility to define a theoretical optimal division of cognitive labor given a certain problem to be solved (objective O). This resolution may be achieved by developing distinct activities. These activities are integrated in a system of practices, and are then defined both by their inherent purposes and by their various hierarchical external functions. Given this situation, two remarks should be made. First, inherent purposes may be divided into a variable number of underlying objectives. For instance, if we refer to the instance proposed at the beginning of this section, the search for a treatment to disease D may be considered as the

²⁵²For a graphical representation of this hierarchical imbrication of activities, see the “commentary” on Chang’s work by L. Soler and R. Catinaud in Soler et al. (2014).

general end of a system of practices including a first level of sub-objectives o and o' (the search for a vaccine or for an antibiotic treatment). These constitute the inherent purpose of sub-systems of practices (including technical, experimental, or theoretical operations). We can expect that depending on the nature of O (technical, experimental, theoretical etc.), the thickness (the number of imbricated systems of practices) of the corresponding network may be highly variable. Finally, each DCL optimization problem is best described as a superposition of optimization problems.

Second, a given activity may have various external functions. For instance, the development of an experimental technique T (e.g a method of protein extraction from bacteria) may be important for various possible alternatives $Mv1$ and $Mv2$ in preparing a vaccine against D . Besides, this experimental technique may be relevant for other systems of practices –in immunology, biochemistry, clinical medicine, or molecular biology. Let us imagine now that $Mv1$ and $Mv2$ (the “vaccine” solutions to cure D) have a lower utility function than Ma precisely because the protein extraction activity is not efficient. If we consider only $Mv1$, $Mv2$ and Ma , the optimization problem will have a certain theoretical solution. This solution would be very different if we posed the optimization problem between Ma and T : we can expect that T would have a higher utility function than both $Mv1$ and $Mv2$. This is true because T is supposed to be important for $Mv1$, $Mv2$, and for other systems of practices. This last formulation would be more accurate with respect to the real state of the system of scientific practices. Finally, the solution of a given optimization problem varies depending on the scale of the analysis. “Theories”, “methods”, “approaches”, “programs” are not interchangeable units. Ideally, a well-posed DCL problem should consider altogether these distinct dimensions, reflecting the hierarchical interlocking of objectives characterizing the systems of scientific practices.

b. The management of plurality may not be always considered as an optimization problem

In the multiplicity of kinds of objectives and means taken interchangeably as basic units in DCL models, distinct disciplines are cited : physics (the study of critical phenomena in Pöyhönen 2016), chemistry (the elucidation of the structure of a given molecule or the opposition between phlogiston theory and modern chemistry in Kitcher, 1990), fundamental biology (the structure of DNA in Goldman and Blanchard, 2016), medicine (the explication of peptic ulcers in Zollman, 2010). These instances designate different kinds of objectives (theoretical, technical, experimental), but they also concern various kinds of objects. Yet, we argue that this generalization is biased since many scientific objects generate questions whose resolution cannot be considered as a common DCL

problem. To make this point, we propose to consider the notion of complexity, classically defined as the co-existence of multiple causal pathways, belonging to distinct levels of organizations (Mitchell 2009). For instance, mental pathologies, or human behavior more generally, constitute typical complex phenomena, with genetic, biological and environmental causes possibility non reducible to the molecular level. In these cases, the question of the multiplicity of radically distinct approaches might not be formulated into an optimization problem : the different directions of research are better described as distinct heuristics than as alternative means characterized by their estimated utility functions.

Let us take, for instance, as an objective O, the seek for an explanatory theory of a particular behavioral (normal or pathological) trait. Following Longino (2013), we can consider the co-existence of distinct kinds of disciplines that she identifies as “quantitative behavioral genetics”, “socio-environmental approaches”, “molecular behavioral genetics”, and “neurobiological approaches” (p. vii). At the metaphysical level, this co-existence may either be considered as a (temporary or permanent) consequence of our cognitive limitations, or as a result of the existing diversity of levels of organization in nature (Ruphy 2005). In all cases, it is arguable that this plurality has an inherent value which exceeds the estimated efficiency of each approach to provide a good explanation to the behavioral trait we consider. This is due to the fact that, at least temporarily, all the available explanations may capture something of the phenomenon under study (for instance, a partial causal mechanism). In this frame, even a quite marginal alternative (for instance, psychoanalysis), may deserve to be pursued, because it may constitute a possible heuristic allowing the identification of particular causal pathways. This idea was defended in the case of theories of cancer. The classical, gene-centered theory, is currently challenged by an “organicist” one (the Tissue Organization Field Theory, Soto 2011), and these competitive approaches may be considered as two distinct heuristics to exhibit the causes of cancer (Malaterre 2007). Finally, we argue that for complex objects, the co-existence of distinct approaches cannot be thought in the frame proposed by current DCL models. The alternatives may not be compared in their efficiency to reach a pre-defined objective. Indeed, if we accept that pluralism reflects, to some extent, the variety of causes determining the phenomenon at stake, then these alternatives are mutually dependent (each approach delivering a part of the explanation). The situation is distinct in most of the instances provided in the DCL literature, where each approach is supposed to have a singular, independent utility function.

In the next section, we aim to show that these two absent dimensions (the hierarchical interlocking of objectives and the ontological limits to the DCL formalism) are missing dimensions. They

would need to be explicitly addressed in order to interpret in a correct way the results provided by the DCL models.

4. Why these absent dimensions are missing dimensions

As most of the authors writing on DCL models, we are conscious that the very modeling activity inevitably presupposes the use of idealizations or simplifications which do not preclude in themselves their heuristic value –their ability to capture certain features of a given phenomenon (Muldoon and Weisberg 2011; Ylikoski and Aydinonat 2014; Pöyhönen 2016). However, this heuristic value tightly depends on a careful work of interpretation of the results they provide. Here, we argue that the negligence of the elements of the dynamics of scientific research we considered in the previous section may generate important misinterpretations when DCL models try to provide advice for science policy. We think the best way to defend this thesis is to consider some concrete examples of DCL models whose conclusions aim to formulate political insights. By doing so, our objective is to show why these absent dimensions may constitute, very concretely, missing dimensions.

a. Funding science by lottery?

The first instance we will consider is that of Avin’s (forth., 2018) case in favor of the introduction of some random elements in the mechanism of grant allocation to scientists. Apart from its synthesis of qualitative arguments defending random allocation as a possible way to overcome the “conservatism” of peer-review (Gillies 2014), Avin proposes a contribution through a DCL model. Based on this model, he suggests that, given a certain landscape progressively explored by epistemic agents, a peer-review only based on instrumental rationality (selecting projects on the basis of their estimated significance) might be, in some cases, sub-optimal. On the contrary, a system of lottery which randomly allocates resources may out-perform the classical peer-review process. Intuitively, this result is directly linked to the fact that the epistemic landscape is not known in advance : all estimation of the future significance of a project may then be mistaken. On the basis of this result, he proposes a mechanism where a certain proportion of projects (those which do not belong to the $x\%$ best or worst proposals as evaluated by a first round of selecting peer-review) enter a process of random funding. We argue that this proposal is biased, or insufficient, since it is grounded on a misrepresentation of the very structure of the systems of scientific practices. The interest of random allocation is assessed, in Avin’s model, for the cases of poorly known epistemic landscape, with a great number of projects whose potential significance is difficult to estimate. In these (hypothetical)

situations, it is quite intuitive indeed that a random distribution may be the most efficient way to explore the space. Avin (2018) links these situations to “basic research” (p. 33). In parallel, he lists some situations where “lottery should not be used” (p. 31). Among them, he evokes the case of projects with “bounded uncertainties” (where the need to obtain a quick answer, for instance under the pressure of “external constraints”, prevents “any significant exploration of uncertainties or open-ended avenues”) and of “fully explored” epistemic landscapes (where the knowledge of a given “area” is sufficient in yielding a good estimation of the utility functions of the project to be pursued). It seems to us that these two cases express the same general (qualitative) idea : when the problems to be solved are sufficiently clearly defined, and the significance of the possible research project to address them are sufficiently known (to sum up : when the epistemic landscape is sufficiently known), then random allocation might not be the optimal solution to divide cognitive labor. Following this criterion, we argue that it is not at all obvious that there do really exist “epistemic landscapes” adapted to such a funding by lottery. Indeed, the rationale behind Avin’s research policy advice lies on the assimilation of “basic research” to large epistemic landscapes with many “peaks” whose significance is strongly indeterminate. In Chang’s terms, these peaks represent possible activities, with both inherent purpose and external functions. As we noticed in the previous sections, these activities are embedded in systems of hierarchical, interconnected practices. The global significance of a given activity is then dependent on the partial significance of all the practices constitutive of its inherent purpose, and of the others systems of practices which would benefit from its development. Let us imagine a project P with a poorly estimated significance in a given “epistemic landscape” E. P, and the sub-activities it entails (e.g. the development of new techniques or experimental procedures), may have a clear significance for other systems of practices, corresponding to other “epistemic landscapes”. Its sub-activities may also have known significance within E itself, independently of P (for instance, if they constitute sub-objectives of other projects whose significance is better known). It is worth noting that P or its sub-activities may also be important to face some pressing external constraints – situation where, following Avin himself, lottery is not welcome. Finally, we argue that lottery’s argument is based on the hypothetical existence of many isolated projects (activities or systems of practices), whose significance would be strongly indeterminate. We think that the qualitative assessment of the structure of the systems of scientific practices suggests that the very existence of such “epistemic landscapes” needing a funding by lottery is not at all self-evident. Consequently, we argue that the recognition of the network structure of scientific activities leads one to formulate research policy advice opposed to Avin’s. Random

allocation is presented as a solution to the lack of information about the significance of proposed research projects. Our alternative view suggests that a more exhaustive examination of the relevance of each research project with respect to the existing systems of practice would show that there are fewer cases than Avin anticipates in which the epistemic landscape is insufficiently known. This examination would also show that when the epistemic landscape is insufficiently known, the degree to which it is unknown is overestimated by Avin. Thus, the need for randomized funding allocation is mitigated, and perhaps evaporates entirely²⁵³.

The important point is that even if Avin's model is instructive and well-suited to describe the way science is funded, its normative aim (guiding the way science should be funded) might be impaired by the conception of the essential properties of the research process it is based on. Our argument may open another direction of investigation into the optimization of grant allocation through peer-review processes. As we suggested, one of the main epistemic challenges of science policy is the evaluation of the comparative interest of the proposed projects. The relevance of this evaluation depends, indeed, on the knowledge we have of the insertion of these projects into the existing hierarchical network of interconnected practices. Yet, as rightly pointed out by DCL models, and notably by Avin's model, the peer-review process may not be well-suited to adequately capture the current relationships between these systems of practice. The empirically measured lack of robustness of peer-review confirms this point (Graves, 2011). However, rather than through a random distribution of resources, we argue that a better evaluation of the interest of the proposed projects could be reached through a more decentralized mechanism of evaluation. As a limited panel of reviewers does not represent well the current state of scientific practices, an active participation of all the scientists actively practicing research in choosing the projects to be funded could provide a better knowledge of the objective interest of these projects. For instance, we propose that each scientist could have a right (and a duty) to choose a limited number of projects among the ensemble of all the propositions made by their colleagues; the projects presenting the best average mark would then be funded²⁵⁴. We argue that with this kind of global scheme, the convergence of interests (and so the estimated value of a given project) would be better evaluated. Obviously, this decentralization of evaluation is susceptible to be fully efficient only if there exist classificatory

²⁵³This exhaustive examination may be completed, in the spirit of Kitcher (2001), by a democratic assessment of the various desires expressed by ordinary citizens.

²⁵⁴We may also imagine here that publics which are exterior to the scientific field (citizens, economic sphere or political actors) could also have their say in this process of proposing and voting for projects.

systems enabling each researcher to easily identify the projects which are interesting to him. Without giving a complete practical solution, we suggest that the use of key-words or key-expressions, similar to that developed to classify scientific literature in numerical bases of data, may be a fruitful direction to follow.

This proposal may open interesting modeling possibilities. In all cases, DCL models, if they want to improve their utility in designing science policy strategies, should represent the real multidimensional structure of the systems of scientific practices in a more suitable way.

b. Example 2 : promoting “risky” strategies ?

A second instance of DCL models proposing explicit political insights may be found in Kummerfeld and Zollman (2016). The core of their model lies on a distinction between “safe” and “risky” alternatives, which may be “different theoretical commitments, paradigms, research methodologies, treatment strategies in medicine, and so on” (p. 1059). These alternatives have utility functions with respect to given, pre-determined, objectives²⁵⁵. In Kummerfeld and Zollman’s model, a “safe” alternative is known to be the “best line of research”, that is to say the one “that has given the highest average payoff so far” (p. 1062). The risky one is considered as such because its (Gaussian) utility function, even if it has a higher mean value, is poorly known. The simulation machinery shows that when the utility function of the “risky” alternative has a higher mean value than the utility function of the safe one, the individual instrumental rationality is sub-optimal. By neglecting the risky alternative, individuals do not maximize the global utility of the community when distributing their cognitive effort.

The authors deduce from this result that funding agencies should actively “encourag[e], in some situations, unpopular, risky science” (p. 1057, our italics). The central challenge to make this conclusion politically relevant is to delineate more precisely these “situations” in which uncertain projects should be voluntarily funded. We argue that this task needs to take into account the hierarchical interlocking of objectives structuring the systems of scientific practices.

Let us note that the authors consider cases where a given choice is made to fulfill one, and only one, well-defined objective. Yet, as we have discussed previously, each “research project” at

²⁵⁵If we follow the examples provided by the authors, these objectives may be to cure peptic ulcer, to make astronomical predictions of the “locations of heavenly bodies” in 1550 (by choosing between Ptolemaic or Copernican paradigms, p. 1063) etc.

stake may have multiple external functions (Chang 2014). This is equally true for the sub-objectives implied by each alternative. To revisit our previous example, the development of a new vaccine to cure the disease D (a typical “research project” in Kummerfeld and Zollman sense) may be useful in other areas. For instance, it may lead to the chemical and physical characterization of a given protein P of the bacterial membrane, which is important in immunology, cell biology etc. It may also lead to the improvement of a given technique T to extract proteins from bacterial cells. We can suppose in this case that depending on the objective we consider, the “research projects” will have distinct utility functions. Even if the development of a vaccine is a “safe” alternative with a relatively low utility function (in comparison to, say, the search for antibiotics) to cure D, the knowledge of protein P and the improvement of T may have high utility functions relatively to other systems of practices (motivated by distinct general objectives). In this case, the herding of scientists in the “safe” alternative may be counter-productive for the problem at stake (the search for a treatment against D), but positive at a larger scale (relatively to other systems of practices). Kummerfeld and Zollman’s argument, if valuable in local contexts (that is to say, to solve a precise problem, or to explore a given, well-defined epistemic landscape), is harder to justify in more global ones (when considering the existing interconnections between the systems of practices). Finally, the apprehension of the situations where “unpopular” science should be actively promoted is certainly far from being an easy task.

It could be noticed against our argument that Kummerfeld and Zollman’s model, such as the majority of DCL models, aims to study the optimal distribution of cognitive effort precisely in such local contexts, where each scientific objective is thought in isolation from the others. However, from the point of view of research policy, the optimization of the division of cognitive labor is a global problem, where all disciplines, specializations, research questions are to be thought together. Consequently, in their ambition to provide political insights, DCL models should mobilize a more realistic account of the structure of the systems of scientific practices.

5. Conclusion

The question of the relevance of social epistemology to guide research policy is a pressing one, as showed by the recent publishing of a volume of the *Roar Transactions* on this subject (Viola 2018). In this paper, we address it in the specific case of DCL models, which have flourished since the publication of Kitcher’s (1990) seminal work. These works try to assess what exactly is an optimal

distribution of cognitive labor among researchers, and how the institutional conditions regulating science may contribute to its achievement. We show that when faced with the first question, DCL models ignore two central dimensions of the dynamics of science (the hierarchical interlocking of objectives and the variable epistemic significations of pluralism). We argue that this ignorance is problematic, since it may lead to misinterpretation of the results of the DCL models, and to biased policy advice. In this sense, they really constitute missing dimensions in the debate. This conclusion does not lead to a rejection of DCL models per se as epistemologically and politically irrelevant, but aims at figuring out some important properties of the dynamics of science that should be taken into account in this modeling activity.

As Muldoon (2013) confesses, “there is much work left to do” (p. 124) to understand the “benefits and burdens of diversity” and the optimal division of cognitive labor. What form should this work take? We argue that the search for more refined quantitative DCL models should be supplemented by qualitative studies of the epistemic or psychological principles guiding the social organization of science, the consequences of the pressure exerted on individual scientists by centralized piloting, the balance between targeted and free research are crucial issues to inform science policy, and qualitative history and philosophy of science certainly have a central role to play on this matter.

ANNEXE B
SCIENTIFIC AUTONOMY AND THE UNPREDICTABILITY OF SCIENTIFIC
INQUIRY: THE UNEXPECTED MIGHT NOT BE WHERE YOU WOULD
EXPECT

B. Bedessem and S. Ruphy

Forthcoming in *Studies in History and Philosophy of Science*

Abstract

Unpredictability, valued as the hallmark of pioneering, creative research, is often invoked in public debates on policies of research oversight and funding as grounds for defense of scientific autonomy : scientists should be left free to follow their curiosity and to set the orientation of their inquiry accordingly, rather than being asked to develop research programs addressing issues defined by others. But is it really the case that a research whose agenda is set according to external considerations is less hospitable to the full flourishing of the unexpected than a research whose agenda is freely set internally by scientists? The present paper will challenge this common view by proposing three epistemological conditions that influence the occurrence of the unexpected, in light of which we will submit that a scientific inquiry whose agenda is set externally, or in part externally, may actually favor the occurrence of the unexpected. We will then argue that the issue of the occurrence of the unexpected should be clearly distinguished from the issue of the management of the unexpected. Once this distinction is made, we advocate a shift in the debate on scientific autonomy away from considerations on freedom of research agenda and towards considerations on organizational features of science, such as flexibility and diversity.

1. Introduction

“I didn’t start my research thinking that I would increase the storage capacity of hard drives. The final landscape is never visible from the starting point”. This statement made by the physicist Albert Fert (2007), winner of the 2007 Nobel Prize for his work on the giant magnetoresistance effect, expresses a very common belief, especially among scientists, about the unpredictable nature of the development and results of a research program. Unpredictability is thus valued as the hallmark of pioneering, creative research : major scientific discoveries—or so the story goes—are often unplanned

discoveries, made by chance, which then open whole new domains of inquiry ²⁵⁶. Independently of the issue of their historical soundness, such considerations are often invoked in public debates on policies of research oversight and funding as grounds for defense of scientific autonomy : scientists should be left free to follow their curiosity and to set the orientation of their inquiry accordingly, rather than being asked to develop research programs addressing issues defined by others. Polanyi gives a somewhat lyrical form of this defense in his classical essay “The Republic of Science” (1962, p. 62) : “Any attempt at guiding research towards a purpose other than its own is an attempt to deflect it from the advancement of science”. He adds that “you can kill or mutilate the advance of science, you cannot shape it. For it can advance only by essentially unpredictable steps, pursuing problems of its own, and the practical benefits of these advances will be incidental and hence doubly unpredictable”. In Polanyi’s view, the supposedly unpredictable nature of scientific development militates for an internal definition of research priorities : a problem should be considered important in light of considerations internal to a given field of scientific inquiry and not (or at least, not primarily) in light of considerations deemed external to it (such as potential practical applications or, more broadly, utility in light of the needs and concerns, both practical and epistemic, of society). The orientation of the inquiry by such external considerations is thus deemed epistemically counter-productive and vain : one should not attempt to predict the unpredictable.

What is at stake here is the appropriate mode of setting the research agenda. In a nutshell, if scientific unpredictability, and hence the epistemic fecundity of science, is indeed hampered when the agenda is shaped by external considerations, then oversight of research should be kept to a minimum and “blind-delegation” (Wilholt and Glimell 2011, p. 358) appears as the best way to go : the funders of science have to accept that they have very limited rights over the directions taken by the scientific communities to which they give money ²⁵⁷. But is it really the case that a research whose agenda is set according to external considerations is less hospitable to the full flourishing of the unexpected than a research whose agenda is freely set internally by scientists? The present paper will challenge this common view by proposing three epistemological conditions that influence the occurrence of the unexpected in the course of a scientific inquiry, in light of which we will submit that a scientific inquiry whose agenda is set externally, or in part externally, may actually

²⁵⁶Braben (2008), Couée (2013), Cadogan (2014).

²⁵⁷See also for instance Braben (2008), p. 14, and Resnik (2009), p. 84, for a defense of scientific autonomy grounded on considerations on the unpredictability of scientific developments. Of course, scientific autonomy can also be defended on various other grounds, see for instance Ruphy (2017).

favor the occurrence of the unexpected. We will then argue that the issue of the occurrence of the unexpected should be clearly distinguished from the issue of the management of the unexpected. Once this distinction is made, we advocate a shift in the debate on scientific autonomy away from considerations on freedom of research agenda and towards considerations on organizational features of science, such as flexibility and diversity. When discussing this shift in the final part of our paper, our aim is primarily to set a more relevant and cogent basis for this debate, and not to defend one way of setting the research agenda over another.

2. Preliminary terminological remarks

So far, notions such as “*internal* definition” of research priorities, “*problems of its own*”, have been contrasted with notions such as “*external* considerations” (in the setting of science agenda). This contrast can be reformulated more precisely as a conceptual distinction between what we will call in the rest of the paper “endogenous” problems or factors vs. “exogenous” ones. An endogenous problem is a problem encountered and defined within the course of a scientific inquiry. It is internal to the dynamics of the scientific inquiry and its relevance and interest is evaluated solely by researchers involved in the inquiry, according to standards and needs internal to their community. For instance, an emerging question can be deemed important when its resolution is expected to affect other obstacles or pending issues within the concerned scientific field. By contrast, an exogenous problem is identified and formulated outside (or at least partly outside) a scientific field, incorporating interests and expectations of various components of society (and not only of scientific communities). Typically, challenges such as “curing cancer” or developing “secure, clean and efficient energy” or “inclusive, innovative and reflective societies”²⁵⁸ constitute exogenous problems to be addressed by research, whereas the issue of the existence of the Higgs boson in particle physics is a typical example of an endogenous problem.

Note that our distinction between endogenous problems or factors and exogenous ones is not equivalent to the widespread distinction made between “basic ” or “fundamental ” science and “applied” science. First, our distinction does not (strictly) cover a distinction between the epistemic and the practical. Endogenous problems can be practical, non-epistemic problems and exogenous pro-

²⁵⁸These are examples of the broad “societal challenges” that research is expected to address in the frame of the European Horizon 2020 program.

blems can be epistemic problems. Non-epistemic, practical endogenous problems are often technical or experimental obstacles encountered in the course of the scientific inquiry (whose aims can be purely epistemic). Consider for instance Thomas H. Morgan's classical research program in genetics in the 1930s. When trying to evaluate the distances between genes on *Drosophila* chromosomes by measuring cross-over rates in the transmission of the corresponding characters, Morgan's team had to control the natural variability of the cross-over rates (Waters 2008, p. 715). Solving this endogenous problem (encountered within the course of the inquiry) required developing various experimental tricks (breeding females of the same age, using cross-over modifiers, maintaining a precise temperature, etc). This endogenous problem was thus essentially a practical problem, and not an epistemic one to the extent that its resolution did not bring in itself new knowledge on the transmission of hereditary characters. As regards now exogenous problems, questions on the origin of the universe or the origin of life qualify as examples of epistemic, exogenous problems to the extent that such problems have not been identified and formulated only by scientific communities : they (obviously) cater to the interests of the wider society.

To be sure, debates on the autonomy of science often build on the "basic" or "fundamental" vs. "applied" distinction. But this is unfortunate for at least two reasons. First, the very relevance today of categorizing science as "basic" or "applied" on the basis of distinct aims (increase knowledge vs. practical utility) has been challenged, and rightly so, by various authors (e.g. Kitcher 2001, 2011, Morrison 2011, Stokes 1997). Stokes argues, for instance, that the usual opposition between practical concerns and progress of fundamental knowledge is too simplistic. Some research guided by practical problems may lead to an increase of knowledge because the resolution of the problems requires new fundamental insights. A paradigmatic case of such "use-inspired" research, as Stokes (1997) calls it, is Pasteur's fundamental contributions in microbiology and immunology that were driven by the need to cure disease such as rabies. Moreover, the category of "basic science" should not be taken as a mere descriptive category. Schauz (2014), for instance, offers very interesting historical insights on how the very concept of basic research (as opposed to applied science) emerged as an analytical category in the late 19th and early 20th centuries, showing that it was not at the beginning opposed to the demand of utility from society. Second, when discussing epistemological conditions bearing on the occurrence of the unexpected, it will turn out that the conceptual distinction between endogenous

problems or factors and exogenous ones is indeed more cogent and relevant ²⁵⁹.

3. Two kinds of scientific unpredictability

Appeals to the unpredictability of scientific results actually refer to various kinds of situation, and these need to be clearly distinguished. First, the notion of the unpredictability of scientific results can relate to unforeseen practical applications of fundamental knowledge. Second, it can refer to a feature of the dynamic of science itself—that is, to the unpredictable development of a line of inquiry that leads to a new, unanticipated line of research and discovery. Let us examine and illustrate these two kinds of scientific unpredictability.

3.1 Unpredictability as unforeseen practical applications

Cases of unpredictability in the sense of unforeseen applications have been very well documented by historians of science and are often put forward in public discourse valorizing scientific unpredictability. A much-cited example is the laser, a widely used technological device today that was made possible by pure theoretical developments in quantum physics during the first half of the 20th century. The laser is often presented as a paradigmatic case of the unforeseen application of fundamental knowledge : the first description of the phenomenon of *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* appeared only in 1958 (Schawlow and Townes 1958), and was presented as a theoretical deduction from quantum physics. The corresponding technological device was developed two years later by Theodore Maiman (1960) and was evidently not a foreseen application guiding the initial development of quantum mechanics. Appeals to this kind of scientific unpredictability go hand in hand with the following view on the relationship between increase of knowledge and practical applications : research is needed to generate a reservoir of fundamental knowledge, which then allows the development of applications. This view was typically defended by Vannevar Bush, who made an explicit appeal to what is now generally called the linear model of innovation (Freeman 1996, Edgerton 2004) :

Basic research leads to new knowledge. It provides scientific capital. It creates the fund from which the practical applications of knowledge must

²⁵⁹It should be noted that our distinction, which is mainly conceptual, does not presuppose or imply that research programs can be sorted by the kind of problems that they address (endogenous vs. exogenous). In other words, it is perfectly compatible with the acknowledgment that most research programs today mix the two kinds of problems.

be drawn. New products and new processes do not appear full-grown (Bush 1945, p. 20).

The development of the A-bomb in the frame of the Manhattan project is another well-known illustration of this kind of valorization of the production of new knowledge : discoveries concerning the fundamental structure of matter is what, later on, allowed military applications (Bush 1945, p. 20). In the present paper, we will not further discuss this first type of scientific unpredictability since it does not raise the issue that concerns us here, to wit, the epistemological conditions bearing on the occurrence of the unexpected in the course of a given scientific inquiry. We will rather focus on the second (also widespread) understanding of scientific unpredictability, which does.

3.2 Unpredictability as unforeseen new lines of research and discoveries

When referring to a feature of the dynamic of a line of research, “scientific unpredictability” designates the occurrence of unexpected results in the course of the inquiry that open up new lines of research and discoveries. A well-known historical illustration of this type of unpredictability is the accidental observation by Alexander Fleming of the blocking effect of a fungus on the proliferation of bacterial colonies (Fleming 1929) that led to the development of the first antibiotic. Another frequently-mentioned example is the discovery of radioactivity by Henri Becquerel (1896) : when working with a crystal containing uranium, Becquerel noted that the crystal had fogged a photographic plate that he had inadvertently left next to the mineral. This observation led him to posit that uranium emitted its own radiations. Another, perhaps less well-known, historical illustration of this kind of unpredictability is the discovery of the chemotherapeutic cisplatin molecule by scientists initially working on the effects of an electric field on bacteria growth (Rosenberg *et al.* 1967). They observed that cell division was inhibited because of the unexpected formation of a chemical compound of chlorine, hydrogen, and nitrogen with the platinum atoms contained in the electrode. This chemical compound, the cisplatin, was then successfully tested as an anti-proliferative agent against tumoral cells. As with the first kind, this second kind of scientific unpredictability is also frequently invoked to valorize and promote novelty and freedom in science. But less attention has been given to those characteristics of a scientific inquiry that make it more (or less) conducive to surprising results. In other words, what remain under-analyzed are the epistemological conditions bearing on to the *occurrence* of the unexpected.

4. Three epistemological features influencing the occurrence of the unexpected

Let us first spell out more precisely what we mean in this paper by “unexpected”. We call unexpected a result (observation, outcome of an experiment) that is not only surprising at first sight, but cannot be accounted for within the theoretical or, more largely, the epistemic framework in which the empirical inquiry has been conceived and conducted. This kind of exteriority is what leads scientists to contemplate moving away from the initial explanatory framework and opening up new lines of inquiry in search of an alternative that could accommodate the surprising results. When, then, are such unexpected results more likely to occur in the course of an empirical inquiry?

The general thrust of our proposition is that the occurrence of an unexpected result is linked to our interventions in the world being partially *uncontrolled* and to the degree of diversification of these interventions. This general idea leads us to propose three specific (and related) epistemological conditions bearing on the occurrence of unexpected results : leeway for the manifestation of uncontrolled factors ; diversity of the objects under study and of experimental approaches ; and hegemony and plasticity of the theoretical background.

4.1 *Leeway for the manifestation of uncontrolled factors*

Manifestation of uncontrolled factors is characteristic of many historical cases of scientific unpredictability. The two well-known examples evoked earlier can be easily analyzed in this manner²⁶⁰. Becquerel registered that some unknown, uncontrolled factor (and not light) left its marks on the photographic plate and Fleming registered the effect of some unknown, uncontrolled entities on the Petri dishes. Such manifestations of unknown, uncontrolled factors can be directly linked to the degree of isolation of the object under study.

It is now a well-known feature of some contemporary experimental sciences that many of their objects under study are “created” in the laboratory rather than existing “as such” in the real world. When drawing our attention to this epistemologically-important feature, Hacking (e.g 1983, chap. 13) specified that we should not read this notion of “creation” of phenomena as if *we were making* the phenomenon, suggesting instead that a phenomenon is “created” to the extent that it does not exist outside the highly regimented environment of the laboratory. This is typically the case for a

²⁶⁰We thank one of our anonymous referees for pointing that out

phenomenon like the Hall effect : it did not exist “until, with great ingenuity, [Hall] had discovered how to *isolate, purify* it, create it in the laboratory” (Hacking 1983, p. 226, *our italics*). In other words, Hall created in 1879 the material arrangement - a current passing through a conductor at right angles to a magnetic field – for the effect to occur, and “if anywhere in nature there [were] this arrangement, *with no intervening causes*, then the Hall effect [would] occur” (1983, p. 226, *our italics*). Isolation, purification, and control of intervening causes (i.e. control of physical parameters) are noticeable features of an experimental protocol that tend to limit the number of causal pathways which can influence the response to our experimental investigation of the object or phenomenon under study. Unknown causal pathways existing in the real world are thus inoperative (or less operative) in highly controlled laboratory conditions, thereby limiting the occurrence of unexpected results. Inversely, a low degree of isolation and control favors the manifestation of unknown causal pathways, hence the occurrence of unexpected results. The discovery of the cisplatin molecule mentioned earlier is another good illustration, along with Fleming’s or Becquerel’s discoveries, of the relevance of the degree of isolation. The platinum atom and the electric field interacted in an unplanned way to generate a chemical species, and this had a causal influence on bacteria. The “bacteria/electric field” couple was the original object of the study. Because of the imperfect isolation of this system, an unexpected causal pathway acted on it, and the bacteria/cisplatin” couple became the new system under study, which gave rise to an unexpected discovery.

4.2 Diversity of objects under study and of experimental approaches

The second relevant feature – the degree of diversity of the objects under study and of the experimental approaches employed - follows mechanically, so to speak, from the previous considerations. Indeed, multiplying the types of objects and the types of experimental approaches used to study them increases the probability that some uncontrolled factors intervene and that some unknown causal pathways become manifest.

4.3 Hegemony and plasticity of the theoretical background

Another type of relevant feature concerns the theoretical framework in which the empirical inquiry is conducted. The general idea is that a well-established theoretical framework may hinder the occurrence of the unexpected when it is in a hegemonic, monopolistic position, that is, when it constitutes the dominant theoretical framework of inquiry in a given field. Let’s spell out why by drawing on Hacking’s analyses of processes of mutual adjustment between theoretical ingredients,

apparatus, and data that are characteristic of the laboratory sciences. As Hacking aptly remarks : “As a laboratory science matures, it develops a body of types of theory and types of apparatus and types of analysis that are mutually adjusted to each other” (1992, p. 30). The main insight from Hacking’s work relevant to our issue of the occurrence of the unexpected is that a well-established theoretical framework determines the type of questions that can be investigated experimentally, guides the design of apparatus, and defines the type of data produced. Thus, by constraining the type of experimental procedures developed and the type of data generated, a theoretical framework which is in a hegemonic, monopolistic position in a given field tends to *homogenize* the experiments conducted to investigate the phenomena studied in the field. And since a diversity of experimental approaches increases the possible sources of emergence of unexpected results (see our second criteria 3.2), we can conclude that by reducing this diversity, theoretical hegemony reduces the opportunities for the occurrence of unforeseen results. The case of the etiology of cancer provides an interesting illustration of the way such theoretical hegemony can reduce experimental diversity and hence unexpectedness according to our second criteria. First developed in the 1970s, the classical theory of cancer, the Somatic Mutations Theory (SMT), rapidly became the dominant theoretical research framework on carcinogenesis (Mukherjee 2011), with the ambition of accounting for all types of cancer (despite having been challenged for fifteen years or so by a new theoretical approach, the Tissue Organization Field Theory (TOFT) (Sonnenschein and Soto 2000)). This hegemony of SMT led to a high degree of homogenization in experimental inquiry : in the context of molecular biology, the experimental procedures adopted were all dedicated to a very standardized search for genetic mutations.

When making explicit above what we mean in this paper by “unexpected results’, we specified that, to count as unexpected, a result that is surprising at first sight has furthermore to be recognized as “exterior” – that is, non-integratable with the background theoretical framework in which the inquiry takes place. Consider again scientists working within a well-established theoretical framework. When faced with a surprising result, they will be reluctant to let go of the framework in order to search for an alternative, and for good epistemological reasons : there is (obviously) a high epistemic cost to abandoning a well-established, successful theoretical framework. The right move is rather to try to accommodate the surprising result by adopting, if necessary, some ad hoc hypothesis or by tinkering with certain elements of the existing theoretical framework so that the result loses its “exteriority’ and can thus be integrated. Indeed, given the recognized plasticity and

integrative power of well-established theoretical frameworks ²⁶¹, when a (at first sight) surprising result occurs, it rarely leads to a new line of inquiry being considered in order to find an alternative explanatory framework. It is more likely that the surprising result will be integrated within the existing framework. This is clearly what happened for instance in the field of the etiology of cancer just discussed earlier. Many - if not all - surprising observations were made compatible with SMT by using *ad hoc* hypotheses (Soto and Sonnenschein 2011). For instance, it was observed that various types of cancer were exhibiting a large-scale disorganization of the genome. This observation was surprising, to the extent that it could not be matched with SMT's fundamental postulate of punctual mutations. To integrate it in the framework of SMT, the existence of an original genetic instability of the cancer cells was then postulated (Rajagopalan *et al.* 2003). An observation that could have led to a radical criticism of the explicative framework used in cancerology was simply re-integrated within the prevalent model. To sum up, the degree of hegemony and plasticity of the theoretical background in which an inquiry is conducted appear thus as another epistemological condition bearing on the occurrence of the unexpected.

In light of our three criteria, we will now investigate the impact on the occurrence of the unexpected of an external setting of the research agenda, that is, when research is expected to address exogenous problems. We will first examine whether the importation of exogenous problems may increase the diversity of objects under study and of experimental approaches (our second criteria), and then discuss to what extent it is linked to low degrees of control and isolation of experimental settings (our first criteria).

5. Exogenous problems and the occurrence of the unexpected

Since exogenous problems, by definition, incorporate interests and needs external (or at least partially external) to scientific communities, they may not coincide with research questions that would have emerged in light of the internal dynamics of a given field. Addressing exogenous problems may, then, for instance, prompt the development of local empirical models, in the absence of a well-established theoretical background (typically in the early phases of the development of a scientific field). The biomedical sciences, which often address exogenous problems, provide interesting examples of such local modelling. Consider for instance the case in oncology of the development

²⁶¹Classical references on these ideas of plasticity or integrative power are, of course, Kuhn's description (1962) of scientists being busy working on resolving anomalies in normal science and Lakatos' concept of the "protective belt" of a research program (1978).

of radiotherapy protocols in the first half of the 20th century. The aim was to intervene on cancer in order to cure it, despite the absence of any general model describing the mechanism of carcinogenesis. This program led to the development of a variety of exploratory approaches using X-rays against cancer (Pinell 1992, p. 59). As there were no standardized protocols, many experimental procedures were tested, such as changing the density of X-rays received, the distance of emission, the frequency of the radiotherapy sessions, etc. In order to improve the efficiency of these therapeutic methods, scientists tried to build various local models describing the action of X-rays on cancer, corresponding to the variety of experimental procedures implemented. Grubbe (1949) formulated a model based on the inflammatory reaction to explain the effects of radiotherapy on cancer, according to which the inflammation of the surrounding tissue due to the effects of X-rays was responsible for the decrease of tumoral mass. Grubbe's model reflects his specific use of X-rays, which consisted in applying very high doses in order to generate an inflammatory response. At the same time, and using more moderate doses, Bergonié and Tribondeau developed a model based on the proliferation of the cells in tumoral context, which led to the "Bergonié law" stating that X-rays have a higher impact on proliferating cells than on quiescent ones (Bergonié and Tribondeau 1959).

This historical episode in oncology is typical of phases where local models proliferate in the absence of a general explanatory framework and under the pressure of exogenous needs and expectations. In these cases, exogenous interests (curing cancer, in our example) encourage the importation of new problems and new objects which may not otherwise have been considered as holding much interest in light of the internal dynamics of the field. Böhme *et al.* (1983) propose the notion of a "pre-paradigmatic" phase to describe these stages of theoretically-blind and mainly empirical apprehension of poorly understood phenomena, where "external factors may and do play a significant role in orienting research" (Böhme *et al.* 1983, p. vi)²⁶². To illustrate this significant role, Böhme *et al.* (1983) analyze the impact of research on fermentation, notably through Pasteur's work, on the development of microbiology and enzymology as scientific disciplines. At the beginning of the nineteenth century, fermentation processes were at the core of many practical activities (beer-brewing, wine and vinegar making, and baking) leading to "a large number of recognized experimental techniques" (Böhme *et al.* 1983, p. 57). According to Böhme *et al.* (1983), the emergence in the 1830s

²⁶²The notion of a "pre-paradigmatic" phase shares many features with the Kuhnian notion of "prenormal" science but includes in addition this orienting role played by external practical factors.

of a rich scientific literature on fermentation led to the co-existence of three different “theoretical approaches” to the explanation of this phenomenon. These approaches, each developed in a specific empirical context, generated many scientific controversies before being unified in the framework of microbiology and enzymology. These historical episodes (in early phases of oncology and of fermentation research) both illustrate how the pressure of exogenous problems can lead to a proliferation of local models and associated specific experimental protocols, hence favoring the occurrence of the unexpected, according to our second criteria.

Moreover, when a research program addresses exogenous problems, new research questions are introduced, which are not chosen primarily because of their tractability with respect to well-established theoretical backgrounds or well-controlled experimental practices ²⁶³. Consequently, such research programs typically aim at directly intervening on a process or phenomenon while often disposing of only a partial knowledge of the causal chains involved and without being able to isolate it from various causal influences exerted by the rest of the physical world ²⁶⁴. Such “contextualized causal relations”, as Carrier calls them (2004, p. 4), go hand in hand with a relatively low degree of control displayed by the experimental protocols (our first criteria). The etiology of cancer again provides interesting illustrations of our claim. Indeed, many current cancer therapies are based on contextualized causal relations. Typically, if a cellular agent is found to be massively expressed in cancer cells, drugs are designed to inhibit it, even if the whole causal chain determining its action is not known. For instance, a large number of proteins promoting angiogenesis (the growth of blood vessels), notably VEGF (Vascular Endothelial Growth Factor), were found in tumoral cells, leading to the design of anti-VEGF molecules (Sitohy 2012). These molecules are used without considering the complete causal chain in which the VEGF is embedded - only their known action on angiogenesis is considered. The clinical tests have led to an unexpected observation : the use of an anti-VEGF

²⁶³Our point here on tractability echoes Carrier’s comparative analysis of basic vs. applied science, when Carrier emphasizes that in the context of basic science, “empirical tests often proceed better by focusing on the pure cases, the idealized ones, because such cases typically yield a more direct access to the processes considered fundamental by the theory at hand” whereas “[...] applied science is denied the privilege of epistemic research to select its problems according to their tractability (...). Practical challenges typically involve a more intricate intertwinement of factors and are thus harder to put under control” (Carrier 2004, p. 4).

²⁶⁴Note that this feature is related to the previous one (use of local models).

molecule (Avastin) can stimulate tumor growth (Lieu *et al.* 2013)²⁶⁵. This example shows that the use of contextualized causal relations to address an exogenous problem (curing cancer) promotes the appearance of surprising facts by allowing unknown mechanisms to intervene in the experimental procedure. The discovery of the RNA (Ribonucleic acid) interference phenomenon (a breakthrough in our understanding of gene regulation (Mello and Conte (2004))), provides another telling instance of exogenous problems leading to unexpected observations thorough the use of contextual causal relations²⁶⁶. A team of researchers (Napoli *et al.* 1990)) working for an agrotechnology company (the DNA Plant Technology Company) were trying to enhance the color of petunias by introducing a copy of the gene naturally coding for the chalcone synthase (the enzyme responsible for the synthesis of the purple pigment). For that purpose, they used the contextual causal relation linking a gene G to the expression of the associated protein P . On the basis of this relation, the authors made the assumption that the introduction of an artificial gene would increase the amount of intracellular chalcone synthase, and thus the amount of purple pigment. Surprisingly, they observed the exact opposite effect : the petals became white because of the extinction of the purple coloration. This phenomenon, called “co-suppression”, was due to an (at the time) unknown causal mechanism. Napoli et al (1990) surprising result opened a new line of intensive research investigating the phenomenon of co-suppression. A link to the known mechanism of genetic regulation by anti-sense RNA (small pieces of RNA bringing the complementary sequence of a given messenger RNA) was later established (Bosher et Labouesse 2000) and a few years later, Mello and Conte (2004) elucidated the nature of the unknown causal pathway : in some circumstances, the cells produce RNA molecules which interfere with messenger ? RNA to inhibit their translation into proteins. This RNA-interference (RNAi) process constitutes a biological mechanism of regulation of genetic expression which is now intensively studied in biological and biomedical sciences.

A last consideration in favor of the hospitality of exogenous research programs to the unexpected appeals to our third criteria (hegemony and plasticity of the theoretical background). When discussing this criterion, we pointed out that scientists working within well-established theoretical

²⁶⁵Interestingly, this observation led to new research programs that aimed at identifying the molecular causal pathways giving rise to this tumoral resistance phenomenon. Notably, it has strongly oriented the research toward precise understanding of the VEGF pathways (Moens et al. 2014). For instance, the study of the mechanisms of expression in cancer cells of various kinds of VEGF agents is becoming an important element of research (Li et al. 2014), and this allows the construction of new fundamental knowledge about the action of the VEGF proteins.

²⁶⁶For a more detailed presentation of this case study, see Bedessem (2018b).

backgrounds may tend to attenuate the surprising and problematic dimension of a result by trying to incorporate it within the framework. We suggest that the pressure of an exogenous problem may pull in the opposite direction for the following reason. As explained at the beginning of section 4, the need to address exogenous problems may arise in the absence of a well-established theoretical framework to do it. In the course of a scientific inquiry addressing such exogenous (often pressing) problems, the incentive to integrate a surprising observation into an existing theoretical framework is simply lacking and the surprising observation tends to be considered as a sign that the “local” strategy proposed to solve it has failed. The surprising observation is thus more likely to be considered as a real issue to deal with. Its unexpectedness is therefore accentuated, rather than erased, by integration within an existing framework.

Let us take stock here. In light of the epistemological conditions that we proposed in section 3, it turns out that the importation of exogenous problems may actually favor the occurrence of the unexpected, by diversifying the objects under study and the local models and experimental protocols used (our second criteria), by leading to intervene in poorly known and controlled objects and causal mechanism (our first criteria) and by limiting the tendency to integrate a surprising result within an existing, dominant epistemic framework.

6. Some reflections on the management of the unexpected

Our focus so far has been on the epistemological features of a scientific inquiry that are conducive to the *occurrence* of unexpected results. But this is only half the story when one is interested in the general conditions favoring the full flourishing of the unexpected. The other half of the story concerns the optimization of follow-up once surprising results calling for more investigation have been found. In contrast with the former, which mainly concerns epistemological considerations, the latter concerns institutional structures and the policies regulating the oversight of scientific communities. The issue is as follows : what are the organizational features of science that will allow and even encourage fruitful follow-ups? The flexibility of the inquiry is a first, straightforwardly desirable feature. A scientist, or a group of scientists, should be able to change the direction of research to follow up on unexpected results and explore new territories. But this is only a minimal condition, which leaves open the difficult question of when it is actually justified to do so : it is certainly not the case that all unexpected results deserve to be thoroughly investigated and can lead to epistemic pay-offs (more on this bellow). This minimal condition also leaves open the issue of

what kind of institutional oversight allowing flexibility might *actually* favor efficient and successful research strategies, given our current insights into the functioning of scientific communities.

In want of a full-fledged treatment of these open and timely issues, let us here outline what seem to us to be appropriate and promising ways of dealing with them. Bear in mind first that for proponents of scientific autonomy such as Polanyi, defending the freedom of research agendas? naturally implies a rejection of all forms of centralized planning or oversight of scientific communities : “ (...) the pursuit of science by independent self-coordinated initiatives assures the most efficient possible organization of scientific progress” (Polanyi 1962, p. 56). Polanyi’s views on the governance of science fits within his generic theory of the self-organization of free societies, which states that polycentric orders, which multiply the number of decision centers by according great freedom to individuals (or to limited groups of individuals), score better than centralized forms of planning by increasing the capacity of complex social systems to handle a flux of new and unpredictable events (Polanyi 1951, p.111, p.154) ²⁶⁷. However, in the specific case of scientific communities (and independently of judgments of Polanyi’s broader political views), this is still an open debate and much more needs to be said to justify the claim that leaving individual scientists free to follow up (or not) on surprising results optimizes the full flourishing of the unexpected. On the one hand, Kitcher’s well-kown views (1990) on the epistemic advantages of leaving individual scientists to be guided by their quest for credit or reward may buttress the core assumption of a Polanyi-style defense of scientific autonomy (for in that case, scientists are more willing to engage in risky projects) ²⁶⁸. But on the other hand, more recent developments in the investigation of the division of cognitive labor may challenge it on various grounds. For instance, studies based on computer simulations suggest that “leaving scientists to their own devices” might actually increase conservative research strategies (Kummerfeld and Zollman 2016). In other words, in the absence of external incentives and even in a (ideal) realm of free individuals, scientists would favor “exploitation” over “exploration”. This suggests that some appropriate form of institutional control over scientific communities (e.g. forms that actively support risky science) might be preferable to “blind delegation” in order to optimize the full flourishing of the unexpected.

²⁶⁷On the link between Polanyi’s defense of liberalism and his philosophy of science, see for instance Mirowski (1997).

²⁶⁸We thank one of our anonymous referees for suggesting this point.

7. Conclusion

Our primary purpose in this paper has been to challenge, in the context of current public debates about policies of research oversight and funding, the cogency of an argument that is widely used to ground resistance to any external orientation of scientific research. We have argued that an appeal to the unpredictable nature of scientific developments does not constitute a sound argumentative strategy when defending scientific autonomy. To establish this point, we first proposed three epistemological conditions bearing on the occurrence of unexpected results in the course of a scientific inquiry. Secondly, in light of our three conditions, we discussed the impact on the occurrence of the unexpected of external setting of research agenda and we concluded that the importation of exogenous problems may actually favor it. But epistemological considerations concerning the occurrence of the unexpected do not exhaust the question of its full flourishing in science : we suggest that a clear distinction be made between the matter of the occurrence of the unexpected and the matter of its management, and we claim that this second issue (concerning which organizational features of science actually favor fruitful follow-ups) also needs to be investigated. In this paper we only hint at a full response, suggesting that “leaving scientists to their own devices” might not be the best organizational option to optimize the flexibility and diversity needed for the full flourishing of the unexpected. It is undoubtedly the case that a lot more work needs to be done on this topic, yet we hope to have at least made a convincing case in favor of a shift of focus in debates about policies of research oversight and funding from considerations of autonomy and the freedom of scientific agenda to considerations of what epistemologically-appropriate organizational features of science can actually favor flexibility and diversity.

INDEX NOMINUM

- Adam, M., 77, 263, 264, 326, 344
Andler, D., 213, 268, 390
Aucouturier, P., 41, 218, 224
Avery, O. T., 153, 164–170, 172, 179, 183, 184,
189, 203, 208, 215, 292, 295, 302, 307,
317, 550
Avin, S., 144, 145, 148, 480
Barnes, B., 80, 82, 83, 173
Beadle, G., 166, 171, 292–295, 307, 317, 319, 321,
322, 494, 495, 504, 519, 553
Becquerel, H., 223, 225, 333
Bedessem, B., 217, 366, 563, 581
Ben-Ari, Y., 26, 29, 39, 52, 217, 228, 236
Bensaude-Vincent, B., 58, 78, 87, 96, 98
Bergonié, J., 335–338
Berlin, I., 31, 118, 509
Bernal, J. D., 63, 78, 79, 117
Bernard, C., 262, 328, 329, 354
Bickle, J., 360, 400–403, 406, 423
Biddle, J., 51, 60–63, 115, 438
Bloor, D., 80, 82, 83, 173
Böhme, G., 12, 67, 90–95, 240, 242, 247, 272, 275,
278, 314–318, 320, 321, 325, 326, 362,
363, 558
Bonneuil, C., 59, 81, 83
Boudreau, K. J., 454, 478
Bourdieu, P., 1, 2, 7
Braben, D. W., 27–29, 31, 37, 38, 121, 224
Brooks, H., 60, 74, 79
Brown, D. B., 45, 46, 153, 157, 158, 465
Brown, M. J., 152–158, 160, 162, 163, 210, 464,
489, 490, 492
Bunge, M., 52, 54
Burian, R. M., 312, 313, 450, 497, 498
Bush, V., 35, 41, 56, 222, 255, 518
Cadogan, J., 27, 31, 42, 47, 224
Callon, M., 4, 83, 458
Calvert, J., 33, 107, 108, 251, 267
Capp, J.P., 327, 409
Carnino, G., 30, 80, 86, 97, 100, 102
Carrier, M., 73, 76, 78, 80, 128, 130, 237, 240–
242, 244, 250, 261, 263, 265, 275, 316
Cartwright, N., 173, 375
Catellin, S., 24, 40, 57, 78, 223–225
Chabner, B. A., 341–344, 409
Chang, H., 136, 196, 202–204, 206, 210, 230, 480,
485, 504
Couée, I., 5, 24, 26, 28, 57, 477
Crick, F., 192, 302–305, 391
Debailly, R., 19, 99, 463

- Dewey, J., 11, 68, 136, 152–164, 172, 180, 182, 185, 196, 197, 205, 206, 208, 209, 246, 485, 490, 503, 560
- Douglas, H., 3, 19, 80, 100, 431
- Dupré, J., 382, 383, 390
- Etzkowitz, H., 62, 86
- Fang, F. C., 112, 444, 453–455, 479
- Faucher, L., 395–398
- Fire, A., 195, 228–230, 232, 233, 236
- Fleming, A., 218, 225
- Fodor, J., 381, 382, 390
- Frodeman, R., 15, 22, 562
- Funtowicz, S. O., 129, 130
- Gibbons, M., 3, 83–87, 95, 99, 127
- Gillies, D., 454, 455, 478
- Gläser, J., 5, 6, 290, 437–439, 458, 471, 482
- Glennan, S., 393–395, 414, 420
- Gold, I., 397, 398
- Graves, N., 437, 454, 455, 478
- Greenberg, D., 31, 224, 478
- Guston, D., 31, 56, 58, 60, 438
- Guthleben, D., 31, 53, 446
- Hacking, I., 173, 180, 185, 202, 211, 214, 234, 237–239, 244, 245
- Hanahan, D., 413, 417
- Haufe, C., 448–451, 494, 497, 501, 533
- Hottois, G., 87
- Houllier, F., 503
- Hubert, M., 5, 437, 441, 473, 474
- Insel, T. R., 396, 398, 399
- Ioannidis, J. P. A., 28, 477, 499
- Izant, J. G., 230, 232–234
- Jesus, C., 28, 54, 170, 258, 260, 267
- Jorgensen, R., 234–236, 242, 244, 313, 314, 322, 495, 496, 504
- Kahn, A., 106, 327
- Kandel, E. R., 399, 400
- Kay, L. E., 292–295, 300, 391, 542
- Kendler K. S., 359, 369–371, 376, 395, 399, 402
- Kevles, D. J., 287, 288
- Keyworth, G. A., 61, 62
- Kim, J., 231, 385–388, 399, 412, 420
- Kistler, M., 323, 386
- Kitcher, P., 2, 6, 9, 47, 88, 89, 96, 99, 100, 103, 116, 124, 125, 137, 140, 149, 153, 192, 193, 220, 270, 275, 378, 381, 382, 407, 464–468, 489
- Kline, N. S., 355, 356
- Kohler, R. E., 279–284, 286, 290, 292, 297
- Krimsky, S., 5, 76, 438
- Kuhn, T. S., 66, 135, 174–178, 518
- Kummerfeld, E., 146–148
- Kupiec, J.-J., 212, 213
- Lakatos, I., 67, 135, 174, 179, 180, 208, 214, 238
- Lamy, E., 59, 82–84, 105, 109
- Latour, B., 82, 83, 97, 98, 113–115, 127, 181
- Lee, C. J., 25, 110, 111
- Lévy-Bruhl, H., 25, 51, 104
- Longino, H., 6, 12, 15, 19, 80, 131, 152, 250, 325–327, 330, 351, 356, 363, 366–373, 375,

- 380, 381, 383, 384, 388–391, 402, 404, 421–424, 428, 542, 560
- Malaterre, C., 413, 415
- McMullin, E., 66, 67
- Mello, C. G., 228–230, 235
- Merton, R. K., 81, 453
- Mill, J. S., 21, 35, 43
- Mirowski, P., 20, 37, 97, 118, 153
- Missa, J.-N., 327, 349–356, 392
- Mitchell, S., 12, 13, 15, 126, 130, 131, 152, 153, 250, 277, 320, 323–326, 330, 359, 360, 363, 365, 373–380, 383, 385–388, 392, 395, 404, 421–424, 542, 558, 560
- Morange, M., 164, 166–171, 179, 185, 277–279, 281, 287, 289–299, 301–309, 320, 346, 362
- Morisson, M., 261–263, 265, 268, 276, 346, 358
- Mukherjee, S., 55, 327, 331, 343, 346, 347
- Nagel, E., 192, 381, 392
- Napoli, C., 234–236, 242, 244, 313, 314, 322, 495, 504
- Nickels, T., 174, 177, 179, 180
- Nordmann, A., 85, 108, 109, 172, 173, 178, 185, 211
- Nowotny, H., 84–86, 88, 105, 127
- Nye, M. J., 24, 31, 36, 37, 48
- O'Malley, M., 448–451, 476, 497, 498, 533
- Perrin, J., 56, 57, 78, 224
- Pestre, D., 80, 83, 86, 116
- Pickering, A., 9, 99, 186
- Pinell, P., 327, 328, 332–335, 340
- Polanyi, M., 21, 23, 24, 29, 30, 32, 35–39, 41, 44, 48, 49, 52, 68, 101, 115, 139, 144, 147, 149, 216, 452, 453, 518
- Prochiantz, A., 50, 228, 235
- Radder, H., 99
- Ragouet, P., 81, 101, 115
- Ravetz, J., 122, 129, 130
- Ravetz, J. R., 130, 324, 325, 366
- Raynaud, D., 49, 51–54, 57, 87, 97–99, 101, 104, 126, 194, 214, 252, 277, 310, 311
- Resnik, D. B., 25, 30, 46, 49–51
- Rip, A., 6, 31, 100, 431
- Rosenberg, C., 224, 287, 290
- Rouse, J., 184, 204, 205, 207, 208
- Ruphy, S., 2, 195, 365, 379–382, 388, 390, 407, 413, 415
- Shinn, T., 35, 81–84, 86, 87, 101, 115, 127
- Soler, L., 172, 173, 185, 186, 203, 204
- Sonnenschein, C., 412, 414–416, 543
- Soto, A., 198, 409–414
- Stengers, I., 511–514
- Stokes, D. E., 73–75, 250, 252, 277, 315
- Strevens, M., 140, 141, 143, 144, 151
- Tatum, E., 292, 294, 295, 307, 317, 319, 321, 494, 495, 519
- Toulmin, S. E., 174, 180, 215
- Tribondeau, L., 335, 337–339, 341, 348
- Vaux, D. L., 409, 417
- Velarde, K. S., 5, 437, 438, 443, 444, 456, 532
- Viola, M., 137–139, 143, 144, 456

Waters, C. K., 178, 186–190, 192–194, 201, 207,
214, 238, 240, 268, 277, 290, 291, 296,
301, 313, 317, 349, 389–391, 404, 450,
497, 518, 532

Watson, J. D., 170, 192, 302–305, 391

Weingart, P., 90, 95

Weisberg, M., 141, 144, 145, 480

Wilholt, T., 9, 10, 21, 22, 29, 35, 43, 46, 76, 77,
123, 221, 264

Woodward, J., 369, 393

Woody, A. I., 173, 186, 196, 200, 201, 208, 211

Wray, K. B., 139, 142, 143

Zollman, K. J. S., 136, 146–149, 151, 247, 453

Zuckerman, H., 171, 292, 295

BIBLIOGRAPHIE

- ABDOUL, H., PERREY, C., AMIEL, P., TUBACH, F., GOTTOT, S., DURAND-ZALESKI, I. et ALBERTI, C. (2012). Peer Review of Grant Applications: Criteria Used and Qualitative Study of Reviewer Practices. *PLoS One*, 7:e46054.
- ABIR-AM, P. (1982). The Discourse of Physical Power and Biological Knowledge in the 1930s: A Reappraisal of the Rockefeller Foundation's 'Policy' in Molecular Biology. *Social Studies of Science*, 12(3):341–382.
- ACADÉMIE (2012). *Remarques et propositions sur les structures de la recherche publique en France*. <http://www.academie-sciences.fr/fr/Rapports-ouvrages-avis-et-recommandations-de-l-Academie/remarques-et-propositions-sur-les-structures-de-la-recherche-publique-en-france.html>, consulté le 2 septembre 2018.
- ADAM, M. (2005). Integrating Research and Development: the Emergence of Rational Drug Design in the Pharmaceutical Industry. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences*, 36:513–537.
- ADAM, M., CARRIER, M. et WILHOLT, T. (2006). How to Serve the Customer and Still Be Truthful: Methodological Characteristics of Applied Research. *Science and Public Policy*, 33(6):435–444.
- AGRAWAL, N., DASARADHI, P. V. N., MOHMMED, A., MALHOTRA, P., BHATNAGAR, R. K. et MUKHERJEE, S. K. (2003). RNA Interference: Biology, Mechanism, and Applications. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 67(4):657–685.
- AIKIN, S. F. et TALISSE, R. B. (2016). Pragmatism and Pluralism Revisited. *Political Studies Review*, 14(1):17–26.
- ALLEVA, L. (2006). Taking Time to Savour the Rewards of Slow Science. *Nature*, 443(7109):271.
- ANDLER, D. (2016). *La silhouette de l'humain*. Paris : Gallimard.

- ATLAS (2012). Observation of a New Particle in the Search for the Standard Model Higgs boson with the ATLAS detector at the LHC. *Physics Letters B*, 716:1–29.
- AUCOUTURIER, P. et LEICHTNAM, E. (2010). Chercher sans finaliser, c’est fondamental! <https://blogs.mediapart.fr/edition/au-coeur-de-la-recherche/article/100510/chercher-sans-finaliser-cest-fondamental>. *Mediapart*.
- AUCOUTURIER, P. et MONTHUBERT, B. (2011). Plan Cancer, Plan Alzheimer : la recherche ou souffrance. <https://blogs.mediapart.fr/edition/au-coeur-de-la-recherche/article/201011/plan-cancer-plan-alzheimer-la-recherche-en-souf>. *Mediapart*.
- AVERY, O. T., MACLEOD, C. M. et MCCARTY, M. (1944). Studies of the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types. *J. Exp. Med.*, 79:137–158.
- AVIN, S. (2016). Centralised Funding and the Division of Cognitive Labour. *PSA2016 (Philsci-Archive)*.
- AVIN, S. (2017). Centralised funding and Epistemic Exploration. *The British Journal for the Philosophy of Science* (Forthcoming).
- AVIN, S. (2018). Policy Considerations for Random Allocation of Research Funds. *Roar Transactions*, 6(1).
- BAKER, M. (2016). 1,500 Scientists Lift the Lid on Reproducibility. *Nature*, 533(7604):452–454.
- BAKER, S. G. (2011). TOFT Better Explains Experimental Results in Cancer Research than SMT. *BioEssay*, 33(12):919–21.
- BAKER, S. G. (2012). Paradox-Driven Cancer Research. *Disruptive Science and Technology*, 1(3): 143–148.
- BAKER, S. G. (2013). Recognizing Paradigm Instability in Theories of Carcinogenesis. *British Journal of Medicine and Medical Research*, 4(5):1149–1163.
- BARCELLOS-HOFF, M. H. et RAVANI, S. A. (2000). Irradiated Mammary Gland Stroma Promotes the Expression of Tumorigenic Potential by Unirradiated Epithelial Cells. *Cancer Res.*, 60(5): 1254–60.

- BARCLAY, W. W., WOODRUFF, R. D., HALL, M. C. et CRAMER, S. D. (2005). A System for Studying Epithelial-Stromal Interactions Reveals Distinct Inductive Abilities of Stromal Cells from Benign Prostatic Hyperplasia and Prostate Cancer. *Endocrinology*, 146(1):13–18.
- BARNES, B. et BLOOR, D. (1982). *Relativism, Rationalism, and the Sociology of Knowledge. In Rationality and Relativism*. Cambridge: MIT Press.
- BEADLE, G. et TATUM, E. (1941). Genetic Control of Biochemical Reactions in Neurospora. *PNAS*, 27:499–506.
- BEARDSLEY, E. H. (1969). *Harry L. Russell and Agricultural Science in Wisconsin*. Madison: University of Wisconsin Press.
- BECHTEL, W. (2008). *Mental Mechanisms: Philosophical Perspectives on Cognitive Neuroscience*. London: Routledge.
- BECQUEREL, H. (1896). Sur les radiations émises par phosphorescence. *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*. 2 Mars 1896.
- BEDESSEM, B. (2018a). The Division of Cognitive Labor: Two Missing Dimensions of the Debate. *European Journal for Philosophy of Science* (Forthcoming).
- BEDESSEM, B. (2018b). L'imprévisibilité de la science : un argument pour la liberté de recherche ? La découverte des ARNi comme étude de cas. *Lato Sensu* (Forthcoming).
- BEDESSEM, B. et RUPHY, S. (2015). SMT or TOFT ? How the Two Main Theories of Carcinogenesis are Made (Artificially) Incompatible. *Acta Biotheoretica*, 63:257–267.
- BEDESSEM, B. et RUPHY, S. (2017). SMT and TOFT Integrable After All: A Reply to Bizzarri and Cucina. *Acta Biotheoretica*, 65(1):81–85.
- BEDESSEM, B. et RUPHY, S. (2018). Scientific Autonomy and the Unpredictability of Scientific Inquiry: the Unexpected Might not Be Where You Would Expect. *Studies in History and Philosophy of Science* (Forthcoming).
- BEGLEY, C. G. et IOANNIDIS, J. P. A. (2015). Reproducibility in Science Improving the Standard for Basic and Preclinical Research. *Circulation Research*, 116:116–126.
- BEN-ARI, Y. (2016). La découverte est-elle soluble dans les chiffres et l'excellence ? *Le Monde*, 5 avril 2016.

- BENJAMIN, D., MAGNUS, J., BERGER, J. O. et JOHNSON, V. E. (2017). Redefine Statistical Significance. *Nature Human Behavior*, 2:6–10.
- BENNINGHOFF, M., CRESPIY, C., CHARLIER, J. E. et LERESCHE, J. P. (2017). *Le gouvernement des disciplines académiques. Acteurs, dynamiques, instruments, échelles*. Paris : Editions des archives contemporaines.
- BENSAUDE-VINCENT, B. (2009). *Les Vertiges de la Technoscience*. Paris : La Découverte.
- BERGONIÉ, J. et TRIBONDEAU, L. (1959). Interpretation of Some Results from Radiotherapy and an Attempt to Determine a Rational Treatment Technique. *Yale Journal of Biology and Medicine*, 76:181–182.
- BERLIN, I. (1969). *Four Essays on Liberty*. New York: Oxford University Press.
- BERNAL, J. D. (1939). *The Social Function of Science*. Cambridge: MIT Press.
- BERNARD, C. (1947). *Principes de médecine expérimentale [1858-1877]*. Paris : PUF.
- BÖHME, G., van DAELE, W., HOHLFELD, R., KROHN, W. et SCHÄFER, W. (1983). *Finalization in Science. The Social Orientation of Scientific Progress*. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.
- BÖHME, G., van DAELE, W. et KROHN, W. (1976). Finalization in Science. *Social Science Information*, 15:307–330.
- BICKLE, J. (2003). *Philosophy and Neuroscience: A Ruthlessly Reductive Account*. Norwell: Kluwer Academic Press.
- BICKLE, J. (2006). Reducing Mind to Molecular Pathways: Explicating the Reductionism Implicit in Current Cellular and Molecular Neuroscience. *Synthese*, 15:411–434.
- BICKLE, J. (2008). The Molecules of Social Recognition Memory: Implications for Social Cognition, Extended Mind, and Neuroethics. *Consciousness and Cognition*, 17(2):468–474.
- BIDDLE, J. (2011). *Bringing the Marketplace into Science: On the Neoliberal Defense of the Commercialization of Scientific Research*. In *Science in the context of application*, p. 245-269. Boston Studies in the Philosophy of Science, vol. 274.
- BIZZARRI, M. et CUCINA, A. (2016). SMT and TOFT: Why and How They are Opposite and Incompatible Paradigms. *Acta Biotheoretica*, 64(3):221–239.

- BOLLEN, J., JUNK, D., DING, Y. et BÖRNER, K. (2014). From Funding Agencies to Scientific Agency. *EMBO Reports*, 15(2):131–133.
- BONNEUIL, C. (2013). *Sciences, techniques et société*. Paris : La Découverte.
- BOON, M. et KNUUTTILA, T. (2011). *Breaking up with the Epochal Break: The Case of Engineering Sciences*. Pittsburgh: Pittsburgh University Press.
- BOUDREAU, K. J., GUINAN, E. C., LAKHANI, K. R. et RIEDI, C. (2016). Looking Across and Looking Beyond the Knowledge Frontier: Intellectual Distance, Novelty, and Resource Allocation in Science. *Manage Sci.*, 62(10):2765–2783.
- BOURDIEU, P. (1976). Le champ scientifique. *Actes de la Recherche en Science Sociales*, 2(3):88–104.
- BOURDIEU, P. (1992). *Réponses. Pour une anthropologie réflexive*. Paris : Seuil.
- BOURDIEU, P. (2001). *Science de la science et réflexivité*. Paris : Raisons d’agir.
- BOURG, D. et WHITESIDE, K. (2010). *Vers une démocratie écologique. Le citoyen, le savant et le politique*. Paris : Seuil.
- BRABEN, D. W. (2008). *Scientific Freedom. The Elixir of Civilization*. Hoboken: Wiley-Interscience.
- BRADY, C. A. et ATTARDI, L. D. (2010). p53 at a Glance. *Journal of Cell Science*, 123:2527–2532.
- BRAUN, D. (1993). Who Governs Intermediary Agencies? Principal-Agent Relations in Research Policy-Making. *Journal of Public Policy*, 13(2):135.
- BRAUN, D. (1998). The Role of Funding Agencies in the Cognitive Development of Science. *Research Policy*, 27(8):807–821.
- BREZIS, E. S. (2007). Focal Randomisation: An Optimal Mechanism for the Evaluation of R&D Projects. *Science and Public Policy*, 34(10):691–698.
- BROOKS, H. (1996). *The Evolution of U.S Science Policy*. In *Technology, R&D, and the Economy*, p. 15-41. Washington: The Brookings Institution.
- BROWN, J. R. (2011). *Medical Market Failures and Their Remedy*. In *Science in the context of application*, p. 271-281. Boston Studies in the Philosophy of Science, vol. 274.
- BROWN, M. B. (2013). Philip Kitcher, Science in a Democratic Society. *Minerva*, 51:389–397.

- BROWN, M. B. et GUSTON, D. H. (2005). *Preface to a Democratic Theory of Science: The Right to Research*. Online Newsletter of the Consortium for Science Policy Outcomes. Tempe: Arizona State University.
- BROWN, M. B. et GUSTON, D. H. (2009). Science, Democracy, and the Right to Research. *Science and Engineering Ethics*, 15:351–366.
- BROWN, M. J. (2010). Genuine Problems and the Significance of Science. *Contemporary Pragmatism*, 7(2):131–153.
- BROWN, M. J. (2012). John Dewey's Logic of Science. *The Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science*, 2:258–306.
- BROWNING, D. (2002). *Designation, Characterization, and Theory in Dewey's Logic*. In *Dewey's Logical Theory: New Studies and Interpretations*, p. 160-179. Nashville: Vanderbilt University Press.
- BRUNO, I. (2008). *A vos marques, prêts, cherchez! La stratégie européenne de Lisbonne : vers un marché de la recherche*. Paris : Editions du croquant.
- BUCK, S. (2015). Solving Reproducibility. *Science*, 348(6242):1403.
- BUNGE, M. (1966). Technology as Applied Science. *Technology and Culture*, 7(3):329–347.
- BURIAN, R. M. (2007). On MicroRNA and the Need for Exploratory Experimentation in Post-Genomic Molecular Biology. *Hist. Phil. Life Sci.*, 29:285–312.
- BUSH, V. (1945). *Science, The Endless Frontier*. A Report to the President by Vannevar Bush, Director of the Office of Scientific Research and Development. Washington, D. C: United States Government Printing Office.
- CADOGAN, J. (2014). *Curiosity-driven 'Blue Sky' Research: a Threatened Vital Activity?* The Learned Society of Wales. <https://www.learnedsociety.wales/our-publications/curiosity-driven-blue-sky-research-a-threatened-vital-activity-2/>.
- CALAME, C. (2009). L'Etat et la liberté de la recherche. Réponse à Bruno Latour. <http://www.sauvonsluniversite.com/spip.php?article1998>.
- CALLON, M. (1991). *Réseaux technico-économiques et irréversibilité*. In *Les figures de l'irréversibilité en économie*, p. 195-230. Paris : Edition de l'EHESS.

- CALLON, M. (1999). Ni intellectuel engagé, ni intellectuel dégage : la double stratégie de l'attachement et du détachement. *Sociologie du travail*, 41(1):64–78.
- CALLON, M. et FORAY, D. (1997). Introduction : nouvelle économie de la science ou socio-économie de la recherche scientifique? *Revue d'économie industrielle*, 179:13–35.
- CALLON, M. et LATOUR, B. (1982). *La science telle qu'elle se fait: anthologie de la sociologie des sciences de langue anglaise*. Paris : La Découverte.
- CALVERT, J. et MARTIN, B. R. (2001). Changing Conceptions of Basic Research. *Workshop on Policy Relevance and Measurement of Basic Research*. Holmenkollen Park Hotel, Oslo, Norway.
- CANET, R. et Duchastel, J. (2004). *La régulation néolibérale. Crise ou ajustement ?* Montréal : Athéna.
- CAPP, J. P. (2012). *Nouveaux regards sur le cancer*. Paris : Belin.
- CARACOSTAS, P. et MUL DUR, H. (1997). *La société, ultime frontière : Une vision européenne des politiques de recherche et d'innovation pour le XXIe siècle*. Luxembourg : OPOCE.
- CARNINO, G. (2015). *L'invention de la science : la nouvelle religion de l'âge industriel*. Paris : Seuil.
- CARRIER, M. (2001). *Business as Usual: On the Prospects of Normality in Scientific Research*. In *Interdisciplinarity in Technology Assessment. Implementation and its Chances and Limits*, p. 25-31. Berlin: Springer.
- CARRIER, M. (2004a). *Knowledge and Control: On the Bearing of Epistemic Values in Applied Science*. In *Values and Objectivity in Science*, p. 275-293. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- CARRIER, M. (2004b). *Knowledge Gain and Practical Use: Models in Pure and Applied Research*. In *Laws and Models in Science*, p. 1-17. London: King's College Publications.
- CARRIER, M. (2008). *Science in the Grip of the Economy: On the Epistemic Impact of the Commercialization of Research*. In *The Challenge of the Social and the Pressure of Practice: Science and Values Revisited*, p. 217-234. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- CARRIER, M. (2010). Theories for Use: On the Bearing of Basic Science on Practical Problems. *EPSA Epistemology and Methodology of Science*, 1:23–33.

- CARRIER, M. (2011a). *Knowledge, Politics, and Commerce: Science Under the Pressure of Practice*. In *Science in the context of application*, p. 11-30. Boston Studies in the Philosophy of Science vol. 274.
- CARRIER, M. (2011b). *Science in the Context of Application: Methodological Change, Conceptual Transformation, Cultural Reorientation*. In *Science in the context of application*, p. 1-7. Boston Studies in the Philosophy of Science, vol. 274.
- CARRIER, M. (2012). Values and Objectivity in Science: Value-Ladenness, Pluralism and the Epistemic Attitude. *Science, Education*, 22:2547–2568.
- CARTER, L. (1979). A New and Searching Look at NSF. *Science*, 204:1064–1065.
- CARTWRIGHT (1999). *The Dappled World. A Study of the Boundaries of Science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- CASADEVALL, A. (2010). Reproducible Science. *Infection and Immunity*, 78(12):4972–4975.
- CASPERSSON, T. et SCHULTZ, J. (1939). Pentose Nucleotides in the Cytoplasm of Growing Tissues. *Nature*, 143:602–603.
- CATELLIN, S. (2014). *Sérendipité. Du conte au concept*. Paris : Seuil.
- CHABNER, B. A. et ROBERTS, T. G. (2005). Chemotherapy and the War on Cancer. *Nature Reviews Cancer*, 5:65–72.
- CHAMBERS, C. (2015). Psychology's Registration Revolution. *The Guardian*, 13 novembre 2015.
- CHANG, H. (2014). *Epistemic Activities and Systems of Practice: Units of Analysis*. In *Philosophy of Science After the Practice Turn*, p. 67-80. Abingdon: Routledge.
- CHATEAURAYNAUD, F. (2005). *Nanosciences et technoprophéties. Le nanomonde dans la matrice des futurs*. Paris : GSPR.
- COCCIA, M. (2009). Bureaucratization in Public Research Institutions. *Minerva*, 47:31–50.
- COCHRAN, M. (2010). *The Cambridge Companion to Dewey*. Cambridge: Cambridge University Press.
- COGNART, P. (2003). *Quelles institutions pour la recherche ?* In *Quelle avenir pour la recherche ?* p. 100-123. Paris : Flammarion.

- COHEN, S. (1972). *Folk Devils and Moral Panics. The Creation of the Mods and Rockers*. Abington: Routledge.
- COLLABORATION, O. S. (2015). Estimating the Reproducibility of Psychological Science. *Science*, 349:6251.
- COLLECTIF (2014). *The Importance of Basic Research*. Group of Eight Australia. https://go8.edu.au/sites/default/files/docs/publications/the_importance_of_basic_research_final.pdf.
- COMETS (2010). *Avis sur les aspects éthiques du financement de la recherche sur projets*. Adopté le 28 juin 2010. <http://www.cnrs.fr/comets/IMG/pdf/05-avisincitation-2.pdf>, consulté le 2 septembre 2018.
- COMETS (2015). *Les sciences citoyennes*. Avis du Comité d'éthique du CNRS. Adopté le 25 juin 2015. https://www.cnrs.fr/comets/IMG/pdf/comets-avis-sciences_citoyennes-25_juin_2015.pdf, consulté le 2 septembre 2018.
- COMETTI, J. P. (2016). *La démocratie radicale*. Paris : Gallimard.
- CONDORCET (1792). *Rapport et projet de décret sur l'organisation générale de l'instruction publique*. Paris : Imprimerie Nationale.
- CONRAT, H. (1956). The Role of the Nucleic Acid in the Reconstitution of Active Tobacco Mosaic Virus. *J. Am. Chem. Soc.*, 78:882–883.
- CORVOL, P. (2016). *Bilan et propositions de mise en œuvre de la charte nationale d'intégrité scientifique*. Rapport remis au Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. <http://m.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid104249/remise-du-rapport-de-pierre-corvol-bilan-et-propositions-de-mise-en-oeuvre-de-la-charte-nationale-d-integrite-scientifique.html>, consulté le 2 septembre 2018.
- COUÉE, I. (2013). The Economics of Creative Research. *EMBO reports*, 14(3):222–225.
- CRANE, A., MATTEN, D. et MOON, J. (2004). Stakeholders as Citizens? Rethinking Rights, Participation, and Democracy. *Journal of Business Ethics*, 53:107–122.
- CRAVER, C. F. (2007). *Explaining the Brain. Mechanisms and the Mosaic Unity of Neuroscience*. Oxford: Oxford University Press.

- CROWTHER, J. G. (1967). *The Social Relations of Science*. Chester Springs: Dufour.
- CURT, G. A. (1984). Drug Resistance in Cancer. *Cancer Treat. Rep*, 68:87–99.
- DANIELS, G. H. (1971). *Science in American Society: A Social History*. New York: Alfred A. Knopf.
- DAVIS, P. M. (2009). Reward or Persuasion? The Battle to Define the Meaning of a Citation. *Learned Publishing*, 22:5–11.
- de BROGLIE, L. (1947). La science pure, source féconde des progrès de l'industrie. *Conférence prononcée à la société d'encouragement pour l'industrie nationale*.
- de DUVE, C. (2004). My Love Affair with Insulin. *JBC*, 279:21679–21688.
- DE LANGHE, R. (2014). A Unified Model of the Division of Cognitive Labor. *Philosophy of Science*, 81:444–459.
- de OLIVEIRA, M. (2014). Technology and Basic Science: the Linear Model of Innovation. *Scientiae Studia*, 12:129–146.
- DE SOLLA PRICE, D. J. (1963). *Little Science, Big Science*. New York: Columbia University Press.
- DEBAILLY, R. (2015). *La critique de la science depuis 1968*. Paris : Hermann.
- DEMERITT, D. (2012). *The Promises of Participation in Science and Political Ecology*. In *The Routledge Handbook of Political Ecology*, p. 224-234. Abingdon: Routledge.
- DEMICHELI, V. et DI PIETRANTONJ, C. (2007). Peer Review for Improving the Quality of Grant Application. *Cochrane Database Syst. Rev.*, 18(2).
- DEWEY, J. (1910). *How We Think*. Boston: Henry Holt and Co.
- DEWEY, J. (1927). *The Public and its Problems*. Athens: Ohio University Press.
- DEWEY, J. (1938). *Logic. The Theory of the Inquiry*. Boston: Henry Holt and Co.
- DIJSTELBLOEM, H. (2014). Science in a Not So Well-Ordered Society: a Pragmatic Critique of Procedural Political Theories of Science and Democracy. *Krisis*, 1:39–52.
- DORTEWITZ, P. (2011). *Dewey's Science: A Transactive Model of Research Processes*. In *The Continuing Relevance of John Dewey: Reflections on Aesthetics, Morality, Science, and Society*, p. 205–224. Amsterdam: Rodopi.

- DOUGLAS, H. (2009). *Science, Policy, and the Value-Free Ideal*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- DOUZOU, P. (2001). *Les Biotechnologies*. Paris : PUF.
- DRAZEN, J. M. et CURFMAN, G. D. (2002). Financial Associations of Authors. *N. Engl. J. Med.*, 346(24):1901–1902.
- DUCLERT, V. et CHATRIOT, A. (2003). *Quel avenir pour la recherche ?* Paris : Flammarion.
- DUPRÉ, J. (1993). *The Disorder of Things*. Cambridge: Harvard University Press.
- DUPRÉ, J. (2002). The Lure of the Simplistic. *Philosophy of Science*, 69:S284–93.
- ECKER, J. R. et DAVIS, R. W. (1986). Inhibition of Gene Expression in Plant Cells by Expression of Antisense RNA. *PNAS*, 83(15):5372–5376.
- EDLER, J., DANIELA, F., MICHAELA, G. et MICHAEL, S. (2014). *Funding Individuals, Changing Organisations: The Impact of the ERC on Universities*. In *Organizational Transformation and Scientific Change: The Impact of Institutional Restructuring on Universities and Intellectual Innovation*, p. 77 - 109. Bingley: Emerald Group Publishing Limited.
- EG (2004). *Les Etats Généraux de la recherche : 9 mars-9 novembre 2004*. Paris : Tallendier.
- ELKES, J., ELKES, C. et BRADLEY, P. (1954). The Effect of Some Drugs on the Electrical Activity of the Brain and on Behavior. *J. Ment. Sci.*, 100(418):125–8.
- ELLIOTT, K. C. (2007). Varieties of Exploratory Experimentation in Nanotoxicology. *History and Philosophy of the Life Sciences*, 29(3):311–334.
- ERONEN, M. I. (2011). *Reduction in Philosophy of Mind: A Pluralistic Account*. Thèse de doctorat, University of Osnabrück, Août 2011.
- ETZKOWITZ, H. (2006). The New Visible Hand: An Assisted Linear Model of Science and Innovation Policy. *Science and Public Policy*, 33(5):310–320.
- ETZKOWITZ, H. et LEYDESDORFF, L. (2000). The Dynamics of Innovation: from National Systems and ‘Mode 2’ to a Triple Helix of University-Industry-Government Relations. *Research Policy*, 29(2):109–123.

- FAIRHEAD, J. et LEACH, M. (1996). *Misreading the African landscape: Society and ecology in a forest-savanna mosaic*. Cambridge: Cambridge University Press.
- FALKENBURG, B. (2007). *Particles Metaphysics. A critical Account of Subatomic Reality*. Dordrecht: Springer.
- FANG, F. C. et CASADEVALL, A. (2016). Research Funding: the Case for a Modified Lottery. *mBio*, 7(2):e00422–16.
- FAUCHER, L. (2006). What's Behind a Smile? The Return of Mechanism: Reply to Schaffner. *Synthese*, 151:403–409.
- FAUCHER, L. et GOYER, S. (2016). Le Research Domain Criteria (RDoC), le réductionnisme et la psychiatrie clinique. *Revue de Synthèse*, 137(1):117–149.
- FELT, U. (2007). *Taking European Knowledge Society Seriously. Report of the Expert Group on Science and Governance to the Science, Economy and Society Directorate*. https://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/european-knowledge-society_en.pdf. European Commission.
- FIRE, A. (1991). Production of Antisense RNA Leads to Effective and Specific Inhibition of Gene Expression in *C. Elegans* Muscle. *Development*, 113:503–514.
- FIRE, A., XU, S., MONTGOMERY, M. K., KOSTAS, S. A., DRIVER, S. E. et MELLO, C. C. (1998). Potent and Specific Genetic Interference by Double-Stranded RNA in *Caenorhabditis Elegans*. *Nature*, 391(6669):806–811.
- FLEMING, A. (1929). On the Antibacterial Action of Cultures of a Penicillium with Special Reference to their Use in the Isolation of B. Influenza. *J. Exp.Path.*, 10:226–236.
- FODOR, J. (1974). Special Sciences. *Synthese*, 28:77–115.
- FOGELHOLM, M., LEPPINEN, S., AUVINEN, A., RAITANEN, J., NUUTINEN, A. et VÄÄNÄNEN, K. (2012). Panel Discussion Does not Improve Reliability of Peer Review for Medical Research Grant Proposals. *J. Clin. Epidemiol.*, 65:47–52.
- FORAY, D. (2009). *L'économie de la connaissance*. Paris : La Découverte.
- FOSTER, E. D. et DEARDORFF, A. (2017). Open Science Framework (OSF). *JMLA*, 105(2):203–206.

- FOX-KELLER, E. (2000). *The Century of the Gene*. Harvard: Harvard University Press.
- FRANSSEN, T., SCHOLTEN, W., HESSELS, L. K. et de RIJCKE, S. (2018). The Drawbacks of Project Funding for Epistemic Innovation: Comparing Institutional Affordances and Constraints of Different Types of Research Funding. *Minerva*, 56:11–33.
- FREI, E. (1982). The National Cancer Chemotherapy Program. *Science*, 13(217):600–606.
- FRODEMAN, R. et BRIGGLE, A. (2016). *Socrates Tenured: The Institutions of Twenty-first-century Philosophy*. London: Rowman & Littlefield International.
- FRUTON, J. S. (1972). *Molecules and Life*. Hoboken: Wiley Interscience.
- FUNTOWICZ, S. O. et RAVETZ, J. R. (1994). Uncertainty, Complexity and Post-normal Science. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 12:1881–1885.
- FUNTOWICZ, S. O. et RAVETZ, J. R. (2001a). *Post-normal science. Science and Governance Under Conditions of Complexity*. In *Interdisciplinarity in Technology Assessment. Implementation and its Chances and Limits*, p. 15-24. Berlin: Springer.
- FUNTOWICZ, S. O. et RAVETZ, J. R. (2001b). *Post-Normal Science. Science and Governance Under Conditions of Complexity*. In *Interdisciplinarity in Technology Assessment. Implementation and its Chances and Limits*, p. 15-24. Berlin: Springer.
- FURMAN, J. L., FIONA, M. et STERN, S. (2012). Growing Stem Cells: The Impact of Federal Funding Policy on the U.S. Scientific Frontier. *Journal of Policy Analysis and Management*, 31(3):661–705.
- GADDUM, J. H. (1957). Serotonin-LSD Interactions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 66(3):643–7.
- GARFINKEL, A. (1981). *Forms of Explanation*. New Haven: Yale University Press.
- GERMAIN, R. N. (2015). Healing the NIH-Funded Biomedical Research Enterprise. *Cell*, 161:1485–1491.
- GIBBONS, M., NOWOTNY, H., SCHWARTZMAN, S., TROW, M. A., LIMOGES, C. et SCOTT, P. (1994). *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. Thousand Oaks: SAGE Publications Ltd.

- GILLEPSIE, G. W. (1985). Experience with NIH Peer Review: Researchers Cynicism and Desire for Change. *Science, Technology, and Human Values*, 10:44–54.
- GILLFORD, F. (2011). *Philosophy of Medicine*. Dordrecht: Elsevier.
- GILLIES, D. (2014). Selecting Applications for Funding: Why Random Choice is Better than Peer Review. *RT. A Journal on research policy and evaluation*, 2(1).
- GINGRAS, Y., LARIVIÈRE, V., MACALUSO, B. et ROBITAILLE, J.-P. (2008). The Effects of Aging on Researchers' Publication and Citation Patterns. *Plos One*, 3(12):e4048.
- GLASS, D. J. et HALL, N. (2008). A Brief History of the Hypothesis. *Cell*, 134(3):378–381.
- GLENNAN, S. (2002). Rethinking Mechanistic Explanation. *Philosophy of Science*, 69:S342–S353.
- GLENNAN, S. (2008). *Mechanisms*. In *The Routledge Companion to the Philosophy of Science*, p. 376-385. London: Routledge.
- GLENNAN, S. et ILLARI, P. (2017). *The Routledge Handbook of Mechanisms and Mechanical Philosophy*. Abingdon: Routledge.
- GLÄSER, J. et LAUDEL, G. (2016). Governing Science. How Science Policy Shapes Research Content. *European Journal of Sociology*, 57(1):117–168.
- GLÄSER, J. et VELARDE, K. S. (2018). Changing Funding Arrangements and the Production of Scientific Knowledge: Introduction to the Special Issue. *Minerva*, 56:1–10.
- GODIN, B. (2006). Research and Development : How the D got into R&D. *Science and Public Policy*, 33(1):59–76.
- GOEDEL, D. V. (1979). Expression in Escherichia Coli of Chemically Synthesized Genes for Human Insulin. *PNAS*, 76:106–110.
- GOLD, I. (2009). Reduction in Psychiatry. *Canadian Journal of Psychiatry/Revue canadienne de psychiatrie*, 54(8):506–512.
- GOLUMBIC, Y. N., ORR, D., BARAM-TSABARI, A. et FISHBAIN, B. (2017). Between Vision and Reality: A Study of Scientists' Views on Citizen Science. *Citizen Science: Theory and Practice*, 2(1):1–13.

- GORDON, R. et POULIN, B. J. (2009). Cost of the NSERC Science Grant Peer Review System Exceeds the Cost of Giving Every Qualified Researcher a Baseline Grant. *Account in Res*, 16(1): 13–40.
- GPRO (2015). *GPRO Sciences Participatives: Position Paper*. <http://www.allianceathena.fr/sites/default/files/LA>
- GRAVES, N. (2011). Funding Grant Proposals for Scientific Research: Retrospective Analysis of Scores by Members of Grant Review Panel. *BMJ*, 343:d4797.
- GREENBERG, D. (1998). Chance and Grants. *The Lancet*, 351(9103):686.
- GREENBERG, D. (1999). *The Politics of Pure Science*. Chicago: University of Chicago Press.
- GREENBERG, D. (2001). *Science, Money and Politics: Political Triumph and Ethical Erosion*. Chicago: University of Chicago Press.
- GRINBAUM, A. et GROVES, C. (2013). *What Is ‘Responsible’ about Responsible Innovation? Understanding the Ethical Issues*. In *Responsible Innovation*, p. 119-142. Hoboken: John Wiley and Sons.
- GRONDA, R. et TURBANTI, G. (2017). On The Pragmatic Content of Science and Common Sense. *European Journal of Pragmatism and American Philosophy*, 9(2):1–24.
- GROSSETTI, M. (2000). *Introduction : Sciences et ‘demandes sociales’ au tournant du siècle*. In *Production scientifique et demande sociale*, p. 3-11. Toulouse : Presses Universitaires Mirail.
- GRUBBE, E. (1949). *X-Ray Treatment: Its Origins, Birth, and Early History*. St.Paul and Minneapolis: Bruce Publishing Company.
- GUESPIN-MICHEL, J. et JACQ, A. (2013). *La science pour qui ?* Paris : Open Editions.
- GUNTHER, A. (2009). *Daniel Cohn-Bendit, Bruno Latour et les mystères de la science*. <http://www.arhv.lhivic.org/index.php/2009/03/01/949-daniel-cohn-bendit-bruno-latour-et-les-mysteres-de-la-science>.
- GUSTON, D. (1996). Principal-Agent Theory and the Structure of Science Policy. *Science and Public Policy*, 23(4):229–240.

- GUSTON, D. (2000). *Between Politics and Science: Assuring the Integrity and Productivity of Research*. Cambridge, MA: MIT Press.
- GUTHLEBEN, D. (2009). *Histoire du CNRS de 1939 à nos jours. Une ambition nationale pour la science*. Paris : Armand Colin.
- HAACK, S. (2006). *Pragmatism Old and New*. Amherst: Prometheus Books.
- HACKING, I. (1983). *Representing and Intervening*. New York: Cambridge University Press.
- HACKING, I. (1992). *The Self-Vindication of the Laboratory Sciences*. In *Science as Practice and Culture*, p. 29-65. Chicago: The University of Chicago Press.
- HAMILTON, A. J. et BAULCOMBE, D. C. A. (1999). A Species of Small Antisense RNA in Post-Transcriptional Gene Silencing in Plants. *Science*, 286:950–952.
- HANAHAN, D. et WEINBERG, R. A. (2011). Hallmarks of Cancer: The Next Generation. *Cell*, 144(5):646–674.
- HAROCHE, S. (2013). Science et Démocratie : Ouverture. In *Science et Démocratie, Colloque de rentrée 2013 du Collège de France*.
- HARWOOD, J. (1987). National Styles in Science: Genetics in Germany and the United States between the WorldWars. *Isis*, 78(3):390–414.
- HAUFE, C. (2013). Why Do Funding Agencies Favor Hypothesis Testing? *Studies in History and Philosophy of Science*, 44:363–374.
- HEGSELMANN, R. et KRAUSE, U. (2006). Truth and Cognitive Division of Labour. First Steps towards a Computer Aided Social Epistemology. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 9(3):1–28.
- HERBERT, D. L., BARNETT, A., CLARKE, P. et GRAVES, N. (2013). On the Time Spent Preparing Grant Proposals: an Observational Study of Australian Researchers. *BMJ Open*, 3:e002800.
- HERMITTE, M. A. (2001). *La liberté de recherche et ses limites : approches juridiques*. Paris : Romillat.
- HERNALSTEENS, J. P. (1980). The Agrobacterium Tumefaciens Ti Plasmid as a Host Vector System for Introducing Foreign DNA in Plant Cells. *Nature*, 287:654–656.

- HERSHEY, A. et CHASE, M. (1952). Independent Functions of Viral Proteins and of Nucleic Acids in the Growth of the Bacteriophage. *J. Gen. Physiol.*, 36:39–56.
- HICKS, D. (2012). Performance-Based University Research Funding System. *Research Policy*, 41(2): 251–261.
- HIGGS, P. W. (1964). Broken Symmetries and the Masses of Gauges Bosons. *Phys.Rev.Lett*, 13:508.
- HILL, D. (1975). Biology, Sex Hormones and Sexism in the 1920's. *Phi. Forum*, 5(1):81–96.
- HOCH, P. K. (1986). Book Review. Finalization in Science: the Social Orientation of Scientific Progress. *British Society for the History of Science*, 19(1):116.
- HOLMES, F. L. (1975). Molecules and Life by Joseph S. Fruton. *History of Science*, 13:114–121.
- HOLZMAN, P. S. et SOKOLOFF, L. (2001). Seymour S. Kety, MD (1915-2000). *Arch. Gen. Psychiatry.*, 58(6):604–606.
- HOROWITZ, N. H. (1994). *The Management of Science: the Experience of Warren Weaver and the Rockefeller Foundation Programme in Molecular Biology*, by Lily E. Kay. *Biophysical Journal*, 66:929–930.
- HOTTOIS, G. (2005). *La Science entre valeurs modernes et postmodernité*. Paris : Vrin.
- HOULLIER, F. (2016). *Les sciences participatives en France. Etat des lieux, bonnes pratiques et recommandations*. Rapport pour le MESR. <https://inra-dam-front-resources-cdn.brainsonic.com/ressources/afile/320323-7bb62-resource-rapport-de-la-mission-sciences-participatives-fevrier-2016.html>.
- HUBERT, M., CHATEAURAYNAUD, F. et FOURNIAU, J.-M. (2012). Les chercheurs et la programmation de la recherche : du discours stratégique à la construction de sens. *Quaderni*, 77:85–96.
- HUBERT, M. et Louvel, S. (2012). Le financement sur projet : quelles conséquences sur le travail des chercheurs ? *Mouvements*, 3(71):13–24.
- HULL, D. (1989). *Altruisme in Science: A Sociobiological Model of Cooperative Behavior Among Scientists*. In *The Metaphysics of Evolution*, Suny Press. Albany: Suny Press.
- IHDE, A. J. et BECKER, S. L. (1971). Conflict of Concepts in Early Vitamin Studies. *Journal of the History of Biology*, 4(1):1–33.

- INSEL, T. R. (2010a). Faulty Circuits. *Scientific American*, 302(4):44–51.
- INSEL, T. R. (2010b). Rethinking Schizophrenia. *Nature*, 468(7321):187–193.
- INSEL, T. R. (2014). The NIMH Research Domain Criteria (RDoC) Project: Precision Medicine for Psychiatry. *American Journal of Psychiatry*, 171(4):395–397.
- IOANNIDIS, J. P. A. (2005). Why Most Published Research Findings Are False. *Plos Medicine*, 2(8):e124.
- IOANNIDIS, J. P. A. (2011). Fund People, not Projects. *Nature*, 477:529–531.
- IRWIN, A. (1995). *Citizen science: A study of people, Expertise, and Sustainable Development*. New York: Routledge.
- ITAKURA, K., HIROSE, T., CREA, R. C., RIGGS, A. Heynecher, H., BOLIVAR, F. et BOYER, H. W. (1977). Expression in Escherichia Coli of a Chemically Synthesized Gene for the Hormone Somatostatin. *Science*, 198:1056–1063.
- IZANT, J. G. (1984). Inhibition of Thymidine Kinase Gene Expression by Anti-Sense RNA: A Molecular Approach to Genetic Analysis. *Cell*, 36:1007–1015.
- IZANT, J. G. (1985). Constitutive and Conditional Suppression of Exogenous and Endogenous Genes by Anti-Sense RNA. *Science*, 229:345–352.
- JACKS, T. et WEINBERG, R. A. (2002). Taking the Study of Cancer Cell Survival to a New Dimension. *Cell*, 111(7):923–5.
- JACKSON, D. A., SYMONS, R. H. et BERG, P. (1972). Biochemical Method for Inserting New Genetic Information into DNA of Simian Virus 40: Circular SV40 molecules Containing Lambda Phage Gene and the Galactose Operon of Escherichia coli. *PNAS*, 69:2904–2909.
- JARVIS, M. F. et WILLIAMS, M. (2016). Irreproducibility in Preclinical Biomedical Research: Perceptions, Uncertainties, and Knowledge Gaps. *Trends Pharmacol Sci*, 37(4):290–302.
- JESSUS, C. (2017). *Etonnant vivant. Découverte et promesses du XXIe siècle*. CNRS Editions.
- JINHA, A. E. (2010). Article 50 million: An estimate of the Numbers of Scholarly Articles in Existence. *Learned Publishing*, 23:258–263.

- JOHNSON, A. (2011). *Everything New Is Old Again: What Place Should Applied Science Have in the History of Science?* In *Science in the context of application*, p. 455-466. Boston Studies in the Philosophy of Science, vol. 274.
- JOHNSON, V. E. (2008). Statistical Analysis of the National Institutes of Health Peer Review System. *Proc. Nat. Ac. Sc.*, 105(32):11076–11080.
- JOHNSTON, R. (1976). Finalization: A New Start for Science Policy? *Social Science Information*, 15:331–336.
- JOHNSTON, R. (1990). *Strategic Policy for Science*. In *The Research System in Transition*, p. 213-226. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.
- JOHNSTON, R. et JAGTENBERG, T. (1978). *Goal Direction of Scientific Research*. In *The Dynamics of Science and Technology*, p. 29-58. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.
- JOLIOT, P. (2003). *Une réflexion nécessaire*. In *Quelle avenir pour la recherche?* Paris : Flammarion.
- JOLIVET, J. (1983). The Pharmacology and Clinical Use of Methotrexate. *N. Engl. J. Med.*, 309:1094–104.
- JOLY, P. B. (2005). *Démocratie locale et maîtrise sociale des nanotechnologies. Les publics grenoblois peuvent-ils participer aux choix scientifiques et techniques?* Rapport de la Mission pour la Métro.
- JOOPER, R., SCHMITZ, N., ANNABLE, L. et BOKSA, P. (2012). Publication Bias: What Are the Challenges and Can they Be Overcome? *Journal of Psychiatry and Neurosciences*, 37(3):49–52.
- KAHANE, D. et LOPSTON, K. (2013). Stakeholder and Citizen Roles in Public Deliberation. *Journal of Public Deliberation*, 9(2):1–37.
- KAHN, A. et GISSELBRECHT, S. (2007). *Histoire de la thérapie ciblée en cancérologie*. London: J. Libbey Eurotext.
- KAHN, A. et LECOURT, D. (2004). *Bioéthique et Liberté*. Paris : Presses Universitaires de France.
- KANDEL, E. R. (1998). A New Intellectual Framework for Psychiatry. *Am. J. Psychiatry*, 155: 457–469.
- KANDEL, E. R. (2002). Un nouveau cadre conceptuel de travail pour la psychiatrie [1998]. *L'évolution psychiatrique*, 67:12–40.

- KARAGIANIS, L. (2014). Instant of Discovery. The Brilliance of Basic Research. <http://spectrum.mit.edu/spring-2014/the-brilliance-of-basic-research/>. *Spectrum*.
- KAY, L. (1993). *The Molecular Vision of Life: Caltech, The Rockefeller Foundation, and the Rise of New Biology*. Oxford: Oxford University Press.
- KAY, L. E. (1989). Selling Pure Science in Wartime: the Biochemical Genetics of G. W. Beadle. *J. Hist. Biol.*, 22:73–101.
- KENDLER, K. S. (2005). Toward a Philosophical Structure for Psychiatry. *American Journal of Psychiatry*, 162:433–440.
- KENDLER, K. S. (2008). Explanatory Models for Psychiatric Illness. *Am. J. Psychiatry*, 165(6):695–702.
- KENDLER, K. S. (2009). Interventionist Causal Models in Psychiatry: Repositioning the Mind-Body Problem. *Psychological Medicine*, 39(6):881–7.
- KENDLER, K. S. (2012). Levels of Explanation in Psychiatric and Substance Use Disorders: Implications for the Development of an Etiologically Based Nosology. *Molecular Psychiatry*, 17(1):11–21.
- KENDLER, K. S. (2014). The Structure of Psychiatric Science. *Perspectives*, 171(9):931–938.
- KENDLER, K. S., KENNETH, S., O., G. C. et PRESCOTT, C. A. (2002). Towards a Comprehensive Developmental Model for Major Depression in Women. *American Journal of Psychiatry*, 159: 1133–1145.
- KENDLER, K. S., KUHN, J. W., VITUM, C., PRESCOTT, C. A. et RILEY, B. (2005). The Interaction of Stressful Life Events and a Serotonin Transporter Polymorphism in the Prediction of Episodes of Major Depression A Replication. *Archives of General Psychiatry*, 62:529–535.
- KEPPEL-HESSELINK, J. M. (1992). *The History of Serotonin*. In *Serotonin 1A Receptors in Depression and Anxiety*, p. 23-29. New-York: Raven Press Ltd.
- KETTING, R. F. et PLASTERK, R. H. A. (2000). A Genetic Link Between Co-Suppression and RNA Interference in *C. Elegans*. *Nature*, 404:296–298.
- KEVLES, D. J. (1980). Genetics in the United States and Great Britain, 1890-1930: A Review with Speculations. *Isis*, 71(3):441–455.

- KEYWORD, G. A. (1982). The Role of Science in a New Era of Competition. *Science*, 217(4560):606–609.
- KEYWORD, G. A. (1983a). Federal R&D and industrial policy. *Science*, 220(4602):1122–1125.
- KEYWORD, G. A. (1983b). Federal R&D: not an entitlement. *Science*, 219(4586):801.
- KEYWORD, G. A. (1984). Four years of Reagan Science Policy: Notable Shifts in Priorities. *Science*, 224(4644):9–13.
- KIM, J. (1998). *Mind in a Physical World*. Cambridge: The MIT Press.
- KIM, J. (1999). Making Sense of Emergence. *Philosophical Studies*, 95:3–36.
- KIM, S. K. et WOLD, B. J. (1985). Stable Reduction of Thymidine Kinase Activity in Cells Expressing High Levels of Anti-Sense RNA. *Cell*, 42(1):129–138.
- KISTLER, M. (2009). *Explications mécanistes et causalité descendante*. In *L'unité de la science*, p. 69-89. Paris : Vuibert.
- KITCHER, P. (1984). 1953 and All That: A Tale of Two Sciences. *Philosophical Review*, 43:335–71.
- KITCHER, P. (1990). The Division of Cognitive Labor. *The Journal of Philosophy*, 87:5–22.
- KITCHER, P. (1999). The Hegemony of Molecular Biology. *Biology and Philosophy*, 14:195–210.
- KITCHER, P. (2001). *Science, Truth and Democracy*. Oxford: Oxford University Press.
- KITCHER, P. (2002). The Third Way: Reflections on Helen Longino's The Fate of Knowledge. *Philosophy of Science*, 69:549–559.
- KITCHER, P. (2004). On the Autonomy of the Sciences. *Philosophy Today*, 48(Supplement):51–57.
- KITCHER, P. (2010). *Science, Vérité et Démocratie* [2001]. Trad. S. Ruphy. Paris : Presses Universitaires de France.
- KITCHER, P. (2011). *Science in a Democratic Society*. Amherst: Prometheus Book.
- KITCHER, P. (2013). Toward a Pragmatist Philosophy of Science. *Theoria*, 77:185–231.
- KLEIN, U. (2005). Technoscience avant la lettre. *Perspectives on science*, 13:226–266.

- KLINE, N. S. (1970). *Monoamine Oxidase Inhibitors : An Unfinished Picaresque Tale*. In *Discoveries in Biological Psychiatry*, p. 100-115. Philadelphia-Toronto: J. B. Lippincott Company,.
- KLUG, A. (1968). Rosalind Franklin and the Discovery of the Structure of the DNA. *Nature*, 219:808–810.
- KOHLER, R. E. (1971). The Background to Eduard Buchner's Discovery of Cell-Free Fermentation. *Journal of the History of Biology*, 4(1):35–61.
- KOHLER, R. E. (1972). The Reception of Eduard Buchner's Discovery of Cell-Free Fermentation. *Journal of the History of Biology*, 5(2):327–353.
- KOHLER, R. E. (1975). The History of Biochemistry: A Survey. *Journal of the History of Biology*, 8(2):275–318.
- KOHLER, R. E. (1976). The Management of Science: the Experience of Warren Weaver and the Rockefeller Foundation Programme in Molecular Biology. *Minerva*, 14:279–306.
- KOHLER, R. E. (1991). Systems of Production: Drosophila, Neurospora and Biochemical Genetics. *HSNS*, 22:87–130.
- KOOTER, J. et MOL, J. N. M. (1993). Trans-inactivation of Gene Expression in Plants. *Curr. Opin. Biotechnol.*, 4(2):166–171.
- KOTEK, J. (1992). *L’Affaire Lyssenko*. Paris : Complexes.
- KREBS, H. A. (1970). The History of the Tricarboxylic Acid Cycle. *Perspectives in Biology and Medicine*, 14(1):154–172.
- KRIMSKY, S. (2003). *Science in the Private Interest: Has the Lure of Profits Corrupted Biomedical Research ?* Lanham: Rowman, Littlefield.
- KRIMSKY, S. (2013). Do Financial Conflicts of Interest Bias Research ? An Inquiry into the ‘Funding Effect’ Hypothesis. *Science, Technology, and Human Values*, 38(4):566–587.
- KUHN, T. S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press.
- KUHN, T. S. (1977a). *The Essential Tension*. Chicago: University of Chicago Press.

- KUHN, T. S. (1977b). *The Essential Tension: Tradition and Innovation in Scientific Research*. In *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change*, p. 225-240. Chicago: University of Chicago Press.
- KUHN, T. S. (1977c). *Objectivity, Value Judgment, and Theory Choice*. In *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific Tradition and Change*, p. 320-340. Chicago: University of Chicago Press.
- KUHN, T. S. (1977d). *Second Thoughts on Paradigms*. In *The essential tension. Selected studies in Scientific Tradition and Change*, p. 293-320. Chicago: University of Chicago Press.
- KUHN, T. S. (1982). Commensurability, Comparability, Communicability. *Philosophy of Science*, 2:669–688.
- KUMMERFELD, E. et ZOLLMAN, K. J. S. (2016). Conservatisme and the Scientific State of Nature. *The British Journal for the Philosophy of Science*, 67(4):1057–1076.
- KUPIEC, J. J. (2000). *Ni Dieu, ni gènes*. Paris : Points Science.
- LABAND, D. N. (2013). On the Use and Abuse of Economics Journal Rankings. *Economic Journal*, 123:F223–F254.
- LAFORGE, B., GUEZ, D., MARTINEZ, M. et KUPIEC, J.-J. (2005). Modeling Embryogenesis and Cancer: an Approach Based on an Equilibrium Between the Autostabilization of Stochastic Gene Expression and the Interdependence of Cells for Proliferation. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 89(1):93–120.
- LAKATOS, I. (1970). *Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes*. In *The Methodology of Scientific Research Programmes*, p. 8-102. Cambridge: Cambridge University Press.
- LAKATOS, I. (1978). *The Methodology of Scientific Research Programs*. Cambridge: Cambridge University Press.
- LAM, A. (2010). From ‘Ivory Tower Traditionalists’ to ‘Entrepreneurial Scientists’? *Social Studies of Science*, 40(2):307–340.
- LAMY, E. (2005). *La fragmentation de la science à l’épreuve des starts-up*. Thèse de doctorat de l’Université Paris-VII, Décembre 2005.

- LAMY, E. (2006). L'autonomie scientifique face à la mercantilisation. Formes d'engagement entrepreneurial des chercheurs en France. *Actes de la recherche en science sociales*, 4:23–50.
- LAMY, J. et SAINT-MARTIN, A. (2014). Marx, un spectre qui ne hante plus les *Science Studies*? *Cahiers d'histoire. Revue d'histoire critique*, 124:161–182.
- LARIVIÈRE, V. et GINGRAS, Y. (2010). The Impact Factor's Matthew Effect: A natural Experiment in Bibliometrics. *Journal of the Association for Information Science & Technology*, 61(2):424–427.
- LATOUR, B. (1984). *Les Microbes. Guerre et paix*. Paris : Métailié.
- LATOUR, B. (1989). *La science en action*. Paris : La Découverte.
- LATOUR, B. (1997). Socrates' and Callicles' Settlement, or the Invention of the Impossible Body Politic. *Configurations*, 5:189–240.
- LATOUR, B. (1998). From the World of Science to World of Research. *Science*, 280:208–209.
- LATOUR, B. (2009). Autonomie, que de crimes on commet en ton nom! *Le Monde*, 25 février 2009.
- LATOUR, B. et WOOLGAR, S. (1986). *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*. Princeton: Princeton University Press.
- LAUDAN, L. (1977). *Progress and Its Problems*. Berkeley University of California Press.
- LE CHATELIER, H. (1936). *De la méthode dans les sciences expérimentales*. Paris : Dunod.
- LE DOUARIN, N. (2013). Régénération, cellules souches et médecine régénérative. *In Science et Démocratie, Colloque de rentrée 2013 du Collège de France*.
- LEE, C. J. (2013). Bias in Peer Review. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 64(1):2–17.
- LEE, C. J. (2015). Commensuration Bias in Peer Review. *Philosophy of Science*, 82(5):1272–1283.
- LEP (2003). Search for the Standard Model Higgs Boson at LEP. *Physical Letters B*, 565:61–75.
- LI, D., XIE, K., DING, G., LI, J., CHEN, K., LI, H., QIAN, J., JIANG, C. et FANG, J. (2014). Tumor Resistance to Anti-VEGF Therapy Through Up-Regulation of VEGF-C Expression. *Cancer Lett*, 346(1):45–52.

- LIEU, C. H., TRAN, H., JIANG, Z. Q., MAO, M., OVERMAN, M. J., LIN, E., ENG, C., MORRIS, J., ELLIS, L., HEYMACH, J. V. et KOPETZ, S. (2013). The Association of Alternate VEGF Ligands with Resistance to anti-VEGF Therapy in Metastatic Colorectal Cancer. *PLoS One*, 8(10):e77117.
- LONGINO, H. (1990). *Science as Social Knowledge*. Princeton: Princeton University Press.
- LONGINO, H. (2002a). Science and the Common Good: Thoughts on Philip Kitcher's Science, Truth, and Democracy. *Philosophy of Science*, 69(4):560–568.
- LONGINO, H. (2002b). *The Social Dimensions of Scientific Knowledge*. In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. <http://plato.stanford.edu/archives/sum2002/entries/scientific-knowledge-social/>.
- LONGINO, H. (2013). *Studying Human Behavior. How Scientists Investigate Agression and Sexuality*. Chicago: The University of Chicago Press.
- LONGINO, H. E. (1997). Feminist Epistemology as a Local Epistemology. *Proceedings of the Aristotelian Society, Supplementary Volumes*, 71:19–35.
- LRHOUL, I. (2015). *La datavisualisation comme outil de pilotage de la recherche scientifique médicale au sein de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Casablanca*. In *Big Data - Open Data : Quelles valeurs ? Quels enjeux ?* p. 165-181. Paris : De Boeck Supérieur.
- LUDWIG, D. (2016). Ontological Choices and the Value-Free Ideal. *Erkenn*, 6:1–20.
- LUUKKONEN, T. (2012). Conservatism and Risk-Taking in Peer Review: Emerging ERC Practices. *Research Evaluation*, 21(1):48–60.
- LUUKKONEN, T. (2014). The European Research Council and the European Research Funding Landscape. *Science and Public Policy*, 41(1):29–43.
- LÉVY-BRUHL, H. (1949). Pas de science dirigée. *La Revue Socialiste*, pages 249–255.
- MACLEOD, M. R. (2014). Biomedical Research: Increasing Value, Reducing Waste. *The Lancet*, 38:101.
- MAFFINI, M., SOTO, A. M., CALABRE, J. M., UCCI, A. et SONNENSCHNIG, C. (2004). The Stroma as a Crucial Target in Rat Mammary Gland Carcinogenesis. *J. Cell. Science*, 15(117):1495–502.
- MAGNUS, P. D. (2008). Regarding Scientific Significance. *Unpublished manuscript*, <http://hdl.handle.net/1951/48222>.

- MAIMAN, T. (1960). Optical and Microwave-Optical Experiments in Ruby. *Physical Review Letters*, 4(11):564–566.
- MALATERRE, C. (2007). Organicism and Reductionism in Cancer Research: Towards a Systemic Approach. *International Studies in the Philosophy of Science*, 21(1):57–73.
- MANIATIS, T. (1978). The Isolation of Structural Genes from Libraries of Eucaryotic DNA. *Cell*, 15:687–701.
- MANIATIS, T. (1982). *Molecular Cloning. Laboratory Manual*. Cold Spring Harbor: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- MARCUM, J. A. (2010). Cancer: Complexity, Causation, and Systems Biology. *Matière Première, Revue d'épistémologie*, 1:127–148.
- MARRES, N. et ROGERS, R. (2005). *Recipe for Tracing the Fate of Issues and their Publics on the Web*. In *Making Things Public*, p. 922-935. Cambridge: MIT Press.
- MARSH, H. W., JAYASINGHE, U. W. et BOND, N. W. (2008). Improving the Peerreview Process for Grant Applications: Reliability, Validity, Bias, and Generalizability. *Am. Psychol.*, 63:160–1.
- MASTERMAN, M. (1970). *The Nature of a Paradim*. In *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press.
- MAYO, D. G. (1994). *The New Experimentalism, Topical Hypotheses, and Learning from Error*. In *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, p. 270-279. Philosophy of Science Association.
- MAYO, N. E., BROPHY, J., GOLDBERG, M. S., KLEIN, M. B., MILLER, S., PLATT, R. W. et RITCHIE, J. (2006). Peering at Peer Review Revealed High Degree of Chance Associated with Funding of Grant Applications. *J. Clin. Epidemiol.*, 59:842–84.
- MCCARTY, M. (1985). *The Transforming Principle*. New-York: W.W. Norton Company.
- MCDANIEL, S. M., RUMER, K. K., BIROC, S. L., METZ, R. P., SINGH, M., PORTER, W. et SCHEDIN, P. (2006). Remodeling of the Mammary Microenvironment After Lactation Promotes Breast Tumor Cell Metastasis. *Am. J. Pathol.*, 168(20):608–20.
- MCGUCKEN, W. (1978). On Freedom and Planning in Science: The Society for Freedom in Science, 1940-1946. *Minerva*, 16(1):42–72.

- McGUIRE, J. (1992). *Scientific Change*. In *Introduction to the Philosophy of Science*, p. 132-178. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- McKENZIE, J. et HIMMELREICH, A. J. (2015). Epistemic Landscapes, Optimal Search, and the Division of Cognitive Labor. *Philosophy of Science*, 82:424–453.
- McMULLIN, E. (1976). *The Fertility of Theory and the Unit for Appraisal in Science*. In *Essays in the Memory of Imre Lakatos*, p. 395-432. Dordrecht: D. Reidel Publishing Company.
- McMULLIN, E. (1982). Values in Science. *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 2:3–28.
- MELLO, C. G. (2004). Revealing the World of RNA Interference. *Nature*, 431:338–342.
- MELTON, D. A. (1985). Injected Anti-Sense RNAs Specifically Block Messenger RNA Translation in Vivo. *PNAS*, 82:144–148.
- MERTON, R. K. (1968). The Matthew Effect in Science. The Reward and Communication Systems of Science are Considered. *Science*, 159:56–63.
- MERTON, R. K. (1973). *The Sociology of science. Theoretical and Empirical Investigations*. Chicago: University of Chicago Press.
- MIELKE, J., VERMABEN, H. et ELLENBECK, S. (2017). Ideals, Practices, and Future Prospects of Stakeholder Involvement in Sustainability Science. *PNAS*, 114(50):E10648–E10657.
- MIGHELI, M. et RAMELLO, G. B. (2013). Open Access, Social Norms and Publication Choice. *European Journal of Law and Economics*, 35:149–147.
- MILL, J. S. (1991). *On Liberty and Other Essays*. Oxford: Oxford University Press.
- MIROWSKI, P. (1997). On Playing the Economics Trump Card in the Philosophy of Science: Why it Didn't Work for Michael Polanyi. *Philosophy of Science*, 64(4):127–138.
- MIROWSKI, P. (2004). The Scientific Dimensions of Social Knowledge and their Distant Echoes in 20th-Century American Philosophy of Science. *Studies in History and Philosophy of Science*, 35:283–326.
- MISAK, C. et TALISSE, R. B. (2014). Debate: Pragmatist Epistemology and Democratic Theory: A Reply to Eric MacGilvray. *The Journal of Political Philosophy*, 22(3):366–376.

- MISSA, J.-N. (2006). *Naissance de la psychiatrie biologique : histoire des traitements des maladies mentales au XXe siècle*. Paris : Presses Universitaires de France.
- MISSA, J.-N. (2008). La psychopharmacologie et la naissance de la psychiatrie biologique. *Les Cahiers du Centre Georges Canguilhem*, 2:131–145.
- MITCHELL, S. (2002). Integrative Pluralism. *Biology and Philosophy*, 17:55–70.
- MITCHELL, S. (2003). *Biological Complexity and Integrative Pluralism*. Cambridge: Cambridge University Press.
- MITCHELL, S. (2004). *The Prescribed and Proscribed Values in Science Policy*. In *Science, Values, and Objectivity*, p. 245-255. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
- MITCHELL, S. (2008). *Explaining Complex Behavior*. In *Philosophical Issues in Psychiatry: Explanation, Phenomenology, and Nosology*, p. 19–38. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- MITCHELL, S. (2009). *Unsimple truths: Science, Complexity, and Policy*. Chicago: University of Chicago Press.
- MITROFF, I. (1974). *Subjective Side of Science: Philosophical Inquiry into the Psychology of the Apollo Moon Scientists*. Amsterdam: Elsevier.
- MÖLLER, T., SCHMIDT, M. et HORNBOSTEL, S. (2016). Assessing the Effects of the German Excellence Initiative with Bibliometric Methods. *Scientometrics*, 109(3):2217–2239.
- MOENS, S., GOVEIA, J., STAPOR, P. C., CANTELMO, A. R. et CARMELIET, P. (2014). The Multifaceted Activity of VEGF in Angiogenesis - Implications for Therapy Responses. *Cytokine Growth Factor Rev*, 25(4):473–482.
- MOERTEL, C. (1990). Levamisole and Fluorouracil for Adjuvant Therapy of Resected Colon Carcinoma. *N. Engl. J. Med.*, 322(6).
- MOL, J., VAN BLOK, R. et KOOTER, J. (1991). More about Co-suppression. *Trends Biotechnol.*, 9:182–183.
- MONTAGNIER, L. (2003). *Où va la recherche biomédicale française ? In Quelle avenir pour la recherche ?* Paris : Flammarion.
- MORANGE, M. (1994). *Histoire de la biologie moléculaire*. Paris : La Découverte.

- MORRISON, M. (2011). *Between the Pure and Applied: The Search for the Elusive Middle Ground*. In *Science in the Context of Application*, p. 31-45. Boston Studies in the Philosophy of Science, vol. 274.
- MORROW, J., COHEN, S., CHANG, A. C. Y., BOYER, H., GOODMAN, H. et HELLING, R. B. (1974). Replication and Transcription of Eukaryotic DNA in *Escherichia Coli*. *PNAS*, 71:1743–1747.
- MOUFFE, C. (2016). *L'illusion du consensus* [2005]. Paris : Albin Michel.
- MOXLEY, J. (1967). Intensive Combination Chemotherapy and X-Radiation in Hodgkin's Disease. *Cancer Res.*, 27.
- MUKHERJEE, S. (2010). *L'empereur de toutes les maladies : une biographie du cancer*. Paris : Flammarion.
- MULDOON, R. et WEISBERG, M. (2011). Robustness and Idealization in Models of Cognitive Labor. *Synthese*, 183(2):161–174.
- MULLINS, N. C. (1972). The Development of a Scientific Specialty: The Phage Group and the Origins of Molecular Biology. *Minerva*, 1:51–82.
- MURRAY, F. (2010). The Oncomouse That Roared: Hybrid Exchange Strategies as a Source of Distinction at the Boundary of Overlapping Institutions. *American Journal of Sociology*, 116(2): 341–388.
- MUSSELIN, C. (2014). *Empowerment of French Universities by Funding and Evaluation Agencies*. In *Organizational Transformation and Scientific Change: The Impact of Institutional Restructuring on Universities and Intellectual Innovation*, p. 51-76. Bingley: Emerald Group Publishing Limited.
- NAGEL, E. (1961). *The Structure of Science: Problems in the Logic of Scientific Explanation*. New York: Harcourt, Brace, World.
- NAPOLI, C., LEMIEUX, C. et JORGENSEN, R. (1990). Introduction of a Chimeric Chalcone Synthase Gene into *Petunia* Results in Reversible Co-Suppression of Homologous Genes in trans. *The Plant Cell*, 2:279–289.
- NARAYANAMURTI, V. (2013). The Basic/Applied Research Dichotomy. *Issues in Science and Technology*, XXIX(2).

- NEDEVA, M. (2013). Between the Global and the National: Organising European Science. *Research Policy*, 42(1):220–230.
- NELLEN, W. et LICHTENSEIN, C. (1993). What Makes an mRNA Anti-sense-itive? *Trends Biochem. Sci.*, 18:419–423.
- NICKELS, T. (2017). *Historicist Theories of Scientific Rationality*. In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. <https://plato.stanford.edu/archives/sum2017/entries/rationality-historicist/>.
- NIRENBERG, M. et MATHAEI, J. (1961). The Dependence of Cell-Free Protein Synthesis in E. Coli upon Naturally Occuring or Synthetic Polyribonucleotides. *PNAS*, 47:1580–1588.
- NORDMANN, A. (2006). Collapse of Distance: Epistemic Strategies of Science and Technoscience. *Danish Yearbook of Philosophy*, 41:7–34.
- NORDMANN, A. (2011). *Science in the Context of Technology*. In *Science in the context of application*, p. 467-482. Boston Studies in the Philosophy of Science, vol. 274.
- NORDMANN, A. (2015). Science after the Practice Turn in the Philosophy, History, and Social Studies of Science. *Notre Dame Philosophical Review*. <https://ndpr.nd.edu/news/science-after-the-practice-turn-in-the-philosophy-history-and-social-studies-of-science/>.
- NOSEK, B. A., EBERSOLE, C. R., DEHAVEN, A. C. et MELLORA, D. T. (2018). The Preregistration Revolution. *PNAS*, 115(11):2600–2606.
- NOWOTNY, H. (2003). *Repenser la science. Savoir et société à l'ère de l'incertitude* [2001]. Paris : Belin.
- NOWOTNY, H. (2013). Who is Afraid of Research and Innovation ? Freedom of Research and Socially Robust Knowledge. In *Science et Démocratie, Colloque de rentrée 2013 du Collège de France*.
- NOWOTNY, H., SCOTT, P. et GIBBONS, M. (2003). Introduction: 'Mode 2' Revisited: The New Production of Knowledge. *Minerva*, 41:179–194.
- NWO (2016). NWO Makes 3 Million Available for Replication Studies Pilot. <https://www.nwo.nl/en/news-and-events/news/2016/nwo-makes-3-million-available-for-replication-studies-pilot.html>.
- NYE, M. J. (2011). *Polanyi and his Generation*. Chicago: The University of Chicago Press.

- OCDE (2003). *Gouvernance de la recherche publique : vers de meilleures pratiques*. Rapports OCDE.
- O'HARA, B. (2011). Negative Results are Published. *Nature*, 471:448–449.
- OLBY, R. C. (1986). Biochemical Origins of Molecular Biology : a Discussion. *TIBS*, 11:303–305.
- O'MALLEY, M., ELLIOT, K. C., HAUFE, C. et BURIAN, R. M. (2009). Philosophies of Funding. *Cell*, 21:611–615.
- OPPENHEIM, P. et PUTNAM, H. (1958). The Unity of Science as a Working Hypothesis. *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, 2:3–36.
- ORIGGI, G. et RAMELLO, G. B. (2015). Current Dynamics of Scholarly Publishing. *Evaluation Review*, 39(1):3–18.
- ORR, J. W. et SPENCER, A. T. (1972). *Transplantation Studies of the Role of the Stroma in Epidermal Carcinogenesis*. In *Tissue Interactions in Carcinogenesis*, p. 291-304. London: Academic Press.
- OSBORN, M. (1958a). Enzymatic Reduction of Dihydrofolic Acid. *J. Biol. Chem*, 233.
- OSBORN, M. (1958b). Inhibition of Dihydrofolic Reductase by Aminopterin and Amethopterin. *Proc. Soc. Exp. Biol.*, 97:429–431.
- OVCEARENCO, A. (2004). La liberté de recherche des scientifiques au regard de l'article 10 de la Convention Européenne des Droits de l'Homme. *Journal International de Bioéthique*, 1:65–83.
- OWEN, R., MACNAGHTEN, P. et STILGOE, J. (2012). Responsible Research and Innovation: from Science in Society to Science for Society, with Society. *Science and Public Policy*, 39:751–760.
- OWEN, R., MACNAGHTEN, P. et STILGOE, J. (2013). Responsible Research and Innovation: From Science in Society to Science for Society, with Society. *Science and Public Policy*, 39(6):751–760.
- PAULING, L. et COREY, R. B. (1953). A Proposed Structure for the Nucleic Acids. *PNAS*, 39:84–97.
- PECKER, J. C. (2003). *Les faits porteurs d'avenir*. In *Quelle avenir pour la recherche ?* Paris : Flammarion.
- PELS, D. (2003). *Unhastening science: Autonomy and Reflexivity in the Social Theory of Knowledge*. Liverpool: Liverpool University Press.

- PERRIN, J. (1948). *La Science et l'Espérance*. Paris : Presses Universitaires de France.
- PESTRE, D. (1997). La production des savoirs entre académies et marché. Une relecture historique du livre *The new production of knowledge* par M. Gibbons. *Revue d'économie industrielle*, 79:163–174.
- PESTRE, D. (2003a). Regimes of Knowledge Production in Society: Towards a More Political and Social Reading. *Minerva*, 41:245–261.
- PESTRE, D. (2003b). *Science, argent et politique, un essai d'interprétation*. Paris : INRA.
- PESTRE, D. (2006). *Introduction aux Sciences Studies*. Paris : La Découverte.
- PESTRE, D. (2008). Challenges for the Democratic Management of Technoscience: Governance, Participation and the Political Today. *Science as culture*, 17(2):101–119.
- PFETSCH, F. R. (1979). The Finalization Debate in Germany: Some Comments and Explanations. *Social Studies of Science*, 9:115–124.
- PHADY, L. C., SHIH, C., COWING, D., FINKELSTEIN, R. et WEINBERG, R. A. (1982). Identification of a Phosphoprotein Specifically Induced by the Transforming DNA of Rat Neuroblastoma. *Cell*, 28(4):865–71.
- PICARD, J.-F. (1996). Naissance de la biomédecine, le point de vue d'un historien. *Histoire de la médecine et des sciences*, 12:97–102.
- PICKERING, A. (1989). *Pragmatism in Particle Physics: Scientific and Military Interests in the Post-war United States*. In *The Development of the Laboratory: Essays on the Place of Experiments in Industrial Civilization*, p. 174-183. Basingstoke: Palgrave Macmillan.
- PICKERING, A. et STEPHANIDES, A. (1992). *Constructing Quaternions: On the Analysis of Conceptual Practice*. In *Science as Practice and Culture*. Chicago: University of Chicago Press.
- PINELL, P. (1992). *Naissance d'un fléau. Histoire de la lutte contre le cancer en France (1890-1940)*. Paris : Métailié.
- PITSEYS, J. (2010). Le concept de gouvernance. *Revue interdisciplinaire d'études juridiques*, 65:207–228.
- POLANYI, M. (1962). The Republic of Science. *Minerva*, 1(1):54–73.

- POLANYI, M. (1964). *Science, Faith and Society*. Chicago: The University of Chicago Press.
- POLANYI, M. (1966). *The Tacit Dimension*. Chicago: The University of Chicago Press.
- POLANYI, M. (1975). *The Contempt of Freedom* [1940]. New-York: Arno.
- POLANYI, M. (1989). *La Logique de la Liberté* [1951]. Paris : Presses Universitaires de France.
- POPPER, K. R. (1963). *Conjectures and Refutations*. London: Routledge and Kegan Paul.
- POSTEL, J. et QUETEL, C. (2012). *Nouvelle histoire de la psychiatrie*. Paris : Dunod.
- PRITCHARD, D. et TURRI, J. (2014). *The Value of Knowledge*. In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. <https://plato.stanford.edu/>.
- PROCHIANTZ, A. (2013a). La cité des sciences, les sciences dans la cité. In *Science et Démocratie, Colloque de rentrée 2013 du Collège de France*.
- PROCHIANTZ, A. (2013b). Innovation, liberté de recherche et choix de société : l'exemple de la médecine régénérative. In *Science et Démocratie, Colloque de rentrée 2013 du Collège de France*.
- PUTNAM, H. (1987). Scientific Liberty and Scientific Licence. *Grazer Philosophische Studien*, 30:43–51.
- QUET, M. (2014). L'investissement corporel dans l'économie des promesses. *Alliages*, 73:59–70.
- RABEHARISOA, V. et CALLON, M. (2002). L'engagement des associations de malades dans la recherche. *Revue Internationale des Sciences Sociales*, 171:65–73.
- RADDEN, J. (2004). *Philosophy of Psychiatry : A Companion*. Oxford: Oxford University Press.
- RADDER, H. (2009). *Science, Technology and the Science-Technology Relationship*. In *Philosophy of Technology and Engineering Sciences*, p. 65-91. Amsterdam: Elsevier.
- RAHBARI, R., SHEAHAN, T., MODES, V., COLLIER, P., MACFARLANE, C. et BADGE, R. M. (2009). A Novel L1 Retrotransposon Marker for HeLa Cell Line Identification. *BioTechniques*, 46(4):277–84.
- RAJAGOPALAN, H., NOWAK, M. A., VOGELSTEIN, B. et LENGAUER, C. (2003). The Significance of Unstable Chromosomes in Colorectal Cancer. *Nat. Rev. Cancer*, 3(9):695–701.
- RAVETZ, J. (1971). *Scientific Knowledge and its Social Problems*. Oxford: Oxford University Press.

- RAYNAUD, D. (2016). *Qu'est-ce que la technologie ?* Editions Matériologiques.
- REINGOLD, N. (1987). Vannevar Bush's New Deal for Research: Or the Triumph of the Old Order. *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences*, 17(2):299–344.
- RESNIK, D. B. (2009). *Playing Politics with Science*. Oxford: Oxford University Press.
- RESNIK, D. B. (2014). Science and Money: Problems and Solutions. *Journal of Microbiology and Biology Education*.
- RIFKIN, J. (1998). *Le Siècle biotech : le commerce des gènes dans le meilleur des mondes*. Paris : La Découverte.
- RIP, A. (1997). A Cognitive Approach to Relevance of Science. *Social Science Information*, 36(4): 615–640.
- RIP, A. (2011). *Protected Spaces of Science: Their Emergence and Further Evolution in a Changing World*. In *Science in the context of application*, p. 197-220. Boston Studies in the Philosophy of Science, vol. 274.
- RIP, A. (2014). The Past and Future of RRI. *Life Sciences, Society and Policy*, 10(17).
- RIP, A. (2016). The Clothes of the Emperor. An Essay on RRI in and Around Brussels. *Journal of Responsible Innovation*, 3(3):290–304.
- RODAZ, J. M. (2017). Le financement de la recherche sur projets : pourquoi et comment ? *Mélanges de la Casa de Velázquez*, 47(1):321–328.
- ROSEN, R. J. (2011). The Slow-Science Manifesto: 'We Don't Twitter'. *The Atlantic*, le 29 juillet 2011.
- ROSENBERG, C. (1967). Factors in the Development of Genetics in the United States: Some Suggestions. *J. Hist. Med.*, 22:27–46.
- ROSENBERG, C. (1997). Factors in the Development of Genetics in the United States: Some Suggestions. *J. Hist. Med.*, 22:27–46.
- ROSENFELD, S. (2013). Are the Somatic Mutation and Tissue Organization Field Theory of Carcinogenesis Incompatible? *Cancer Informatics*, 12:221–9.

- ROTHSTEIN, S. J., DIMAIO, J. et RICE, D. (1987). Stable and Heritable Inhibition of the Expression of Nopaline Synthase in Tobacco Expressing Antisense RNA. *PNAS*, 84:8439–8443.
- ROUSE, J. (2014). *Scientific Practice and the Scientific Image*. In *Science after the Practice Turn in the Philosophy, History, and Social Studies of Science*, p. 277-295. Abingdon: Routledge.
- ROWLAND, H. A. (1883). A Plea for Pure Science. *Science*, 2(29):242–250.
- RUDNER, R. (1953). The Scientist Qua Scientist Makes Value Judgments. *Philosophy of Science*, 20:1–6.
- RUPHY, S. (2005). Why Metaphysical Abstinence Should Prevail in the Debate on Reductionism. *International Studies in the Philosophy of Science*, 19(2):105–121.
- RUPHY, S. (2013). *Pluralismes scientifiques. Enjeux épistémiques et métaphysiques*. Paris : Hermann Philosophie.
- RUPHY, S. (2017). *La science doit-elle être autonome pour être utile ?* In *Science, philosophie, société* 61-81. Besançon : Presses Universitaires de Franche-Comté.
- RUSSEL, N. (1988). Oswald Avery and the Origins of Molecular Biology. *BJHS*, 21:393–400.
- SACKETT, D. L. (1979). Bias in Analytic Research. *J. Chron. Dis.*, 32:51–63.
- SALANKSIS, J. M. (2014). *Some Notions of Action*. In *Science after the Practice Turn in the Philosophy, History, and Social Studies of Science*, p. 44-58. Abingdon: Routledge.
- SANISLOW, C. A., PINE, D. S., QUINN, K. J., KOZAK, M. J., GARVEY, M. A. et HEINSEN, R. K. (2010). Developing Constructs for Psychopathology Research: Research Domain Criteria. *Journal of Abnormal Psychology*, 119(4):631–9.
- SANKEY, H. (1993). Kuhn's Changing Concept of Incommensurability. *British Journal of the Philosophy of Science*, 44:759–74.
- SAPP, J. (1983). The Stuggle for Authority in the Field of Heredity, 1900-1932: New Perspectives on the Rise of Genetics. *J. Hist. Biol.*, 16:311–342.
- SAREWITZ, D. (2004). How Science Makes Environmental Controversies Worse. *Environmental Science, Policy*, 7:385–403.

- SATGÉ, D. (2011). On Somatic Mutations and Tissue Fields in Cancer : Additional Observations Challenge the SMT. *BioEssay*, 33(12):922–923.
- SAYRE, A. (1975). *Rosalind Franklin and DNA*. New-York: W.W. Norton and Co.
- SCHAFFNER, K. F. (2013). *Reduction and Reductionism in Psychiatry*. In *The Oxford Handbook of Philosophy and Psychiatry*, p. 1003-1023. Oxford: Oxford University Press.
- SCHAUZ, D. (2014). What is Basic Research? Insights from Historical Semantics. *Minerva*, 52:273–328.
- SCHAWLOW, A. et TOWNES, C. (1958). Infrared and Optical Masers. *Physical Review*, 112(6):1940–1949.
- SCHERER, W. F., SYVERTON, J. T. et GEY, G. O. (1953). Studies on the Propagation in vitro of Poliomyelitis Viruses. IV. Viral Multiplication in a Stable Strain of Human Malignant Epithelial Cells (strain HeLa) Derived from an Epidermoid Carcinoma of the Cervix. *J. Exp. Med.*, 97(5): 695–710.
- SCHILDKRAUT, J. J. (1965). The Catecholamine Hypothesis of Affective Disorders: A Review of the Supporting Evidence. *American Journal of Psychiatry*, 122(5):509–522.
- SCHINDLER, S. (2017). Theoretical Fertility McMullin-Style. *European Journal for the Philosophy of Science*, 7(1):151–173.
- SCHROYER, T. (1984). Review Essay. On Finalization in Science. *Theory and Society*, 13:715–723.
- SHEEHAN, H. (1993). *Marxism and the Philosophy of Science: A Critical History*. London: Humanities Press International.
- SHINN, T. et RAGOUET, P. (2005). *Controverses sur la science : pour une sociologie transversaliste de l'activité scientifique*. Paris : Raisons d'agir.
- SIMON, J. (2006). The Proper Ends of Science: Philip Kitcher, Science, and the Good. *Philosophy of Science*, 73(2):193–214.
- SISMONDO, S. (2009). Ghosts in the Machine: Publication Planning in the Medical Sciences. *Social Studies of Science*, 39(2):171–198.

- SITOHY, B. (2012). Anti-VEGF/VEGFR Therapy for Cancer: Reassessing the Strategies. *Cancer Res.*, 8:1909–14.
- SLAUGHTER, S. et RHOADES, G. (2004). *Academic Capitalism and the New Economy*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- SMITH, A. (1970). *The Wealth of Nations* [1776]. London: J. M. Dent and Sons.
- SMITH, C. J. S. (1988). Antisense RNA Inhibition of Polygalacturonase Gene Expression in Transgenic Tomatoes. *Nature*, 334:724–726.
- SMITHERS, D. W. et CANTAB, M. (1962). Cancer: an Attack on Cytologism. *The Lancet*, 279(7228): 493–499.
- SOLER, L. (2014). *Science after the Practice Turn in the Philosophy, History, and Social Studies of Science*. Abingdon: Routledge.
- SOLMS, M. (2006). Freud Returns. *Scientific American Mind*, 17(2):28–34.
- SONNENSCHNEIN, A. M. et SOTO, C. (2008). Theories of Carcinogenesis: an Emerging Perspective. *Semin. Cancer Biol.*, 18(5):372–7.
- SONNENSCHNEIN, C. et SOTO, A. M. (1999). *The Society of Cells: Cancer and Control of Cell Proliferation*. New-York: Springer.
- SONNENSCHNEIN, C. et SOTO, A. M. (2000). Somatic Mutation Theory of Carcinogenesis: Why it Should be Dropped and Replaced. *Mol. Carcinog.*, 29(4):205–211.
- SONNENSCHNEIN, C. et SOTO, A. M. (2014). Competing Views on Cancer. *J. Bio.*, 39(2):281–302.
- SOTO, A. et SONNENSCHNEIN, C. (2005). Emergentism as a Default : Cancer as a Problem of Tissue Organization. *J. Bio.*, 30(1):103–18.
- SOTO, A. M. et SONNENSCHNEIN, C. (2004). The Somatic Mutation Theory of Cancer: Growing Problems with the Paradigm? *Bioessays*, 26(10):1097–1107.
- SOTO, A. M. et SONNENSCHNEIN, C. (2006). Emergentism by Default : a View from the Bench. *Synthese*, 151(3):361–376.
- SOTO, A. M. et SONNENSCHNEIN, C. (2011). The Tissue Organization Field Theory of Cancer: a Testable Replacement for the Somatic Mutation Theory. *Bioessays*, 33(5):332–340.

- SOTO, A. M. et SONNENSCHNEIN, C. (2013). Paradoxes in Carcinogenesis: There is Light at the End of That Tunnel! *Disruptive Science and Technology*, 1(3):154–156.
- SOTO, A. M., SONNENSCHNEIN, C. et MIGUEL, P. A. (2008). On Physicalism and Downward Causation in Developmental and Cancer Biology. *Acta Bio.*, 56:257–274.
- STENECK, N. H. (2011). The Dilemma of the Honest Researcher. *EMBO Reports*, 12(8):745.
- STENGERS, I. (2012). *Une autre science est possible! Manifeste pour un ralentissement dans les sciences*. Paris : La Découverte.
- STERN, D. G. (2003). *The Practical Turn*. In *The Blackwell Guide to the Philosophy of the Social Sciences*, p. 185-206. Hoboken: Blackwell Publishing Ltd.
- STOKES, D. E. (1997). *Pasteur's Quadrant. Basic Science and Technological Innovation*. Washington, D.C: Brookings Institution Press.
- STREBHART, K. (2008). Paul Ehrlich's Magic Bullet Concept: 100 Years of Progress. *Nature Reviews Cancer*, 8:473–480.
- STREVEENS, M. (2003). The Role of the Priority Rule in Science. *Journal of Philosophy*, 100.2:55–79.
- STREVEENS, M. (2013). Herding and the quest for credit. *Journal of Economic Methodology*, 20(1):19–34.
- SWAN, J., MIKE, B., MAXINE, R., SUE, N. et DOPSON, S. (2010). When Policy Meets Practice: Colliding Logics and the Challenges of 'Mode 2' Initiatives in the Translation of Academic Knowledge. *Organization Studies*, 31(9-10):1311–1340.
- TAKIMOTO, C. (2003). Anticancer Drug Development at the US National Cancer Institut. *Cancer Chemoter. Pharmacol.*, 52:29–33.
- TAMBOURIN, P. (2007). Des biotechnologies en bonne santé. *La revue pour l'histoire du CNRS*, 17:1–7.
- TAYLOR, G. (1991). *Pioneers in Pediatric Oncology*. Washington, D. C: Gordon and Breach.
- TEISSIER, G. (2011). *Une politique française de la recherche scientifique*. In *Quand la recherche était une république [1946]*, p. 127-150. Paris : Armand Colin.

- THAGARD, P. (2006). *Hot Thought: Mechanisms and Applications of Emotional Cognition*. Cambridge: MIT Press.
- THERY, F. (2013). *L'importance biologique des ARN non codants : perspectives historique et philosophique*. Thèse de doctorat de l'Université Paris I, juin 2013.
- THOMSON, P. (2011). *Theories and Models in Medicine*. In *Philosophy of Medicine*, p. 116-136. New-York: Elsevier.
- TILES, J. E. (1990). *Dewey*. London: Routledge.
- TOULMIN, S. E. (1972). *Human Understanding, vol. 1: The Collective Use and Evolution of Concepts*. Oxford: Clarendon Press.
- TRAVIS, G. D. L. et COLLINS, H. M. (1991). New Light on Old Boys: Cognitive and Institutional Particularism in the Peer Review System. *Science, Technology, and Human Values*, 16:322–341.
- TRIGGLE, C. R. et TRIGGLE, D. J. (2007). What is the Future of Peer Review? Why is There Fraud in Science? Is Plagiarism out of Control? Why do Scientists do Bad Things? Is it All a Case of: All that is Necessary for the Triumph of Evil is that Good Men Do Nothing. *Journal of Vascular Health and Risk Management*, 3:39–53.
- VAESEN, K. et KATZAV, J. (2017). How Much Would Each Researcher Receive if Competitive Government Research Funding Were Distributed Equally Among Researchers? *Plos One*, 12(9): e0183967.
- VALENTINI, L. (2009). On the Apparent Paradox of Ideal Theory. *The Journal of Political Philosophy*, 17(3):332–355.
- VALLAS, S. P. et KLEINMAN, D. L. (2007). Contradiction, Convergence and the Knowledge Economy: The Confluence of Academic and Commercial Biotechnology. *Socio-Economic Review*, 5:1:29.
- Van den DAELE, W. (2001). *Finalization in Science*. In *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences*, p. 5652-5655. Philadelphia: Elsevier Science Ltd.
- van DUINEN, J. R. (1998). European Research Councils and the Triple-Helix. *Science and Public Policy*, 25:381–386.
- VAUX, D. L. (2011). In Defense of the Somatic Mutation Theory of Cancer. *Bioessays*, 33(5):341–343.

- VELARDE, K. S. (2018). The Way We Ask for Money... The Emergence and Institutionalization of Grant Writing Practices in Academia. *Minerva*, 56:85–107.
- VILKAS, C. (2009). Des pairs aux experts : l'émergence d'un 'nouveau management' de la recherche scientifique? *Cahiers Internationaux de Sociologie*, 126.
- VIOLA, M. (2015). Some Remarks on the Division of Cognitive Labor. *RT. A Journal on Research Policy and Evaluation*, 1:1–14.
- WATERHOUSE, P. M. (1998). Virus Resistance and Gene Silencing in Plants Can Be Induced by Simultaneous Expression of Sense and Antisense RNA. *PNAS*, 95:13959–13964.
- WATERS, C. K. (2007). The Nature and Context of Exploratory Experimentation: An Introduction to Three Case Studies of Exploratory Research. *Hist. Phil Life Sci.*, 29(3):275–284.
- WATERS, C. K. (2008a). *Beyond Theoretical Reduction and Layer-cake Antireduction: How DNA Retooled Genetics and Transformed Biological Practice*. In *Oxford Handbook to the Philosophy of Biology*, p. 238–62, volume 238. New York: Oxford University Press.
- WATERS, C. K. (2008b). How Practical Know-how Contextualizes Theoretical Knowledge: Exporting Causal Knowledge From Laboratory to Nature. *Philosophy of Science*, 75(5):707–719.
- WATERS, C. K. (2014). *Shifting Attention From Theory to Practice in Philosophy of Biology*. In *New Directions in the Philosophy of Science*, p. 121–141. Berlin: Springer International Publishing.
- WATSON, J. D. et CRICK, F. (1953). A Structure for Desoxyribose Nucleic Acid. *Nature*, 171:737–738.
- WEBER, M. (1959). *Le savant et le politique* [1919]. Trad. C. Colliot-Thélène. Paris : Union Générale d'Éditions.
- WEINGART, P. (1997). From 'Finalization' to 'Mode 2': Old Wine in New Bottles? *Social Science Information*, 36(4):591–613.
- WEISBERG, M. et MULDOON, R. (2009). Epistemic Landscapes and the Division of Cognitive Labor. *Philosophy of Science*, 76(2):225–252.
- WENGENROTH, U. (2003). *Science, Technology, and Industry*. In *From Natural Philosophy to the Sciences. Writing the History of Nineteenth-Century Science*, p. 302–323. Chicago: Chicago Press.

- WENSINK, P., FINNEGAN, D. J., DONELSON, J. E. et HOGNESS, D. S. (1974). A System for Mapping DNA Sequences in the Chromosomes of *Drosophila Melanogaster*. *Cell*, 3:315–325.
- WESTBROOK, R. B. (1991). *John Dewey and American Democracy*. Cornell University Press.
- WHATMORE, S. J. (2009). Mapping Knowledge Controversies: Science, Democracy and the Redistribution of Expertise. *Progress in Human Geography*, 33(5):587–598.
- WHITLEY, R. D. (2018). The Impact of Changing Funding and Authority Relationships on Scientific Innovations. *Minerva*, 56:109–134.
- WILHOLT, T. (2006a). Design Rules: Industrial Research and Epistemic Merit. *Philosophy of Science*, 73(1):66–89.
- WILHOLT, T. (2006b). Scientific Autonomy and Planned Research: The Case of Space Science. *Poiesis and Praxis*, 4(4):253–265.
- WILHOLT, T. (2009). Bias and Values in Scientific Research. *Studies in History and Philosophy of Science*, 40:92–101.
- WILHOLT, T. (2010). Scientific Freedom: its Grounds and their Limitations. *Studies in History and Philosophy of Science*, 41:174–181.
- WILHOLT, T. (2014). Book Review: Science in a Democratic Society, by Philip Kitcher. *Philosophy of Science*, 81(1):165–171.
- WILHOLT, T. et GLIMELL, H. (2011). *Conditions of Science: The Three-Way Tension of Freedom, Accountability and Utility*. In *Science in the Context of Application*, p. 351-370. Boston Studies in the Philosophy of Science, vol. 274.
- WILLOW, A. et WYLIE, S. (2014). Politics, Ecology, and the New Anthropology of Energy: Exploring the Emerging Frontiers of Hydraulic Fracking. *Journal of Political Ecology*, 21:222–236.
- WISE, G. (1985). Science and Technology. *Osiris*, 1:229.
- WOODWARD, J. (2000). Explanation and Invariance in the Special Sciences. *British Journal for the Philosophy of Science*, 51:197–254.
- WOODWARD, J. (2003). *Making Things Happen : A Theory of Causal Explanation*. Oxford: Oxford University Press.

- WOODWARD, J. (2008). *Cause and Explanation in Psychiatry: an Interventionist Perspective*. In *Philosophical Issues in Psychiatry: Explanation, Phenomenology, and Nosology*, p. 132-184. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- WOODY, A. I. (2014). *Chemistry's Periodic Law: Rethinking Representation and Explanation After the Turn to Practice*. In *Science after the Practice Turn in the Philosophy, History, and Social Studies of Science*, p. 123-151. Abingdon: Routledge.
- WRAY, K. B. (2000). Invisible Hands and the Success of Science. *Philosophy of Science*, 67(1):163–175.
- WYATT, H. V. (1972). When Does Information Become Knowledge? *Nature*, 235:86–89.
- YLIKOSKI, P. (1995). The Invisible Hand and Science. *Science Studies*, 8(2):32–43.
- ZAMMITO, J. H. (2004). *A Nice Derangement of Epistemes*. Chicago: University of Chicago Press.
- ZASK, J. (2015). *Introduction à John Dewey*. Paris : La Découverte.
- ZHANG, J. H., HTIKE, W. W., OAD, A. et ZHANG, H. (2014). Decision Making Problem in Division of Cognitive Labor with Parameter Inaccuracy: Case Studies. *American Journal of Information Systems*, 2(1):6–10.
- ZIMAN, J. (1996). Is Science Loosing its Objectivity? *Nature*, 382:751.
- ZIMAN, J. (2002). The Continuing Need for Disinterested Research. *Sci. Eng. Ethics*, 8(3):397–399.
- ZIMAN, J. (2003). Non-Instrumental Roles of Science. *Sci. Eng. Ethics.*, 9(1):17–27.
- ZOLLMAN, K. J. S. (2010). The Epistemic Benefit of Transient Diversity. *Erkenntnis*, 72:17–35.
- ZOLLMAN, K. J. S. (2014). *The Credit Economy and the Economic Rationality of Science*. <http://www.vanderbilt.edu/econ/conference/rational-choice/Zollman.pdf>.
- ZUCKERMAN, H. et LEDERBERG, J. (1986). Postmature Scientific Discovery. *Nature*, 324:629–631.