



HAL
open science

Dire l'événement géologique : une archéologie du concept d'Anthropocène

Pierre De Jouvancourt

► **To cite this version:**

Pierre De Jouvancourt. Dire l'événement géologique : une archéologie du concept d'Anthropocène. Philosophie. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I, 2022. Français. NNT : 2022PA01H204 . tel-03783713

HAL Id: tel-03783713

<https://theses.hal.science/tel-03783713v1>

Submitted on 22 Sep 2022

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.

UNIVERSITE PARIS 1 PANTHEON-SORBONNE
UFR DE PHILOSOPHIE
LABORATOIRE DE RATTACHEMENT : CETCOPRA (EA2483)

THESE

Pour l'obtention de grade de docteur de l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne
Discipline : Philosophie

Présentée et soutenue publiquement le 28 janvier 2022 par :

Pierre de Jouvancourt

Dire l'événement géologique

Une archéologie du concept d'Anthropocène

Sous la direction de Bernadette BENSAUDE-VINCENT

Professeure émérite, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

Composition du jury :

Christophe BONNEUIL - Directeur de recherche, CNRS, Centre Koyré (rapporteur)

Soraya BOUDIA - Professeure des universités, Université Paris Descartes

Philippe HUNEMAN - Directeur de recherche, CNRS, IHPST (rapporteur)

Jan ZALASIEWICZ - Professeur des universités, Leicester University

Résumé

Cette thèse a pour objet d'interroger la singularité historique du concept d'Anthropocène dans le domaine des sciences de la Terre afin de répondre au problème de savoir à quel titre il peut être considéré comme un événement réflexif de la modernité. Pour ce faire, nous entreprenons une archéologie de ce concept selon trois temporalités. La première, s'étalant du XIXe siècle au début du XXe siècle, interroge le statut des énoncés savants caractérisant l'influence globale de l'agir humain. Il apparaît que l'activité géologique de l'humanité était déjà au cœur des sciences modernes. La temporalité intermédiaire de la deuxième partie montre comment le discours géologique est profondément renouvelé après la Seconde Guerre mondiale. La Terre est alors réinventée comme un environnement total au sein d'un dispositif de savoir et de pouvoir. Enfin, la troisième partie, en temporalité courte, analyse le processus de fabrication du concept d'Anthropocène, principalement dans les sciences du système Terre et dans la géologie. Résultant d'associations entre des acteurs aux projets hétérogènes, ce processus oscille entre une dynamique d'extension et une dynamique de spéciation du concept dans les normes de la géologie, qui sont bousculées par l'actualité de l'Anthropocène. Au bilan, il ressort que ce concept s'inscrit dans le long héritage du dire géologique de la modernité, mais le renouvelle profondément. L'actualité géologique définie comme une pathologie dessine en creux une norme de santé de la Terre que la politique doit s'approprier.

***Mots clés :** Anthropocène – Changement climatique – Environnement – Foucault – Géologie – Géopouvoir – Guerre froide – Histoire des sciences – Réflexivité environnementale – Sciences du système Terre*

Abstract: Stating the geological event. An Archaeology of the Anthropocene concept

This thesis aims to question the historical singularity of the Anthropocene concept in the field of Earth sciences, in order to determine whether it can be considered as a reflexive event of Modernity. In order to do so, we undertake an archaeology of this concept according to three temporalities. The first one, from the 19th century to the beginning of the 20th century, questions the status of statements characterizing the global influence of human action. The geological activity of humanity appears to have always been at the heart of modern science. The intermediate temporality of the second part shows how the geological discourse is deeply renewed after the Second World War. The Earth is then reinvented as a total environment within an apparatus of knowledge and power. Finally, the third part, corresponding to the short temporality, analyzes the process of fabrication of the Anthropocene concept, mainly in the Earth system sciences and in geology. Resulting from associations between actors with heterogeneous projects, this process oscillates between a dynamic of extension and a dynamic of speciation of the concept in the norms of geology, which are shaken by the actuality of the Anthropocene. In the end, it appears that this concept is part of the long heritage of the geological statements of modernity, but renews it profoundly. In the process of defining the geological actuality as a pathology, a norm of healthy Earth is drawn that politics must cease and appropriate.

***Key Words:** Anthropocene – Climate change – Environment – Foucault – Geology – Geopower – Cold War – History of science – Environmental reflexivity – Earth system science*

Cette thèse a été réalisée au sein du Centre d'étude des techniques, des connaissances et des pratiques (CETCOPRA, EA2483), 17, rue de la Sorbonne, 75005 Paris. Elle a bénéficié du soutien financier de la Région Ile-de-France via le Programme d'aide financière du Réseau francilien de Recherche sur le Développement Soutenable (R2DS)

Remerciements

Fruit d'un morceau de vie partagée avec d'autres, l'écriture de cette thèse a bénéficié du concours de personnes qu'il me faut chaleureusement remercier.

Tout d'abord, je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers ma directrice de thèse Bernadette Bensaude-Vincent. Bernadette a su accueillir mon projet de recherche dès ses débuts balbutiants sans jamais imposer ses propres vues à mon travail. Faisant preuve d'une grande ouverture d'esprit et d'une sincère curiosité, elle s'est également montrée très présente, et disons-le persévérante, lors de l'écriture du manuscrit, prodiguant conseils avisés et relectures exigeantes, avec soin et bienveillance.

Je remercie vivement Soraya Boudia, Christophe Bonneuil, Philippe Huneman et Jan Zalasiewicz d'avoir accepté de participer à mon jury de thèse.

Les rencontres et la vie universitaires sont porteuses d'une émulation bénéfique et fructueuse et m'ont permis à la fois de m'initier au monde de la recherche et de découvrir des champs que j'ignorais jusqu'alors. Je remercie l'ensemble de mes collègues du CETCOPRA, notamment Vincent Devictor, Jeanne Guien, Sacha Loeve, Baptiste Monsaingeon, Laurence Raineau et Xavier Guchet. Du CETCOPRA, je dois en particulier saluer : Sophie Poirot-Delpech, qui a pris le temps de m'aider à surmonter certaines difficultés ; et Gérard Dubey avec qui nous avons écrit un essai, exercice suscitant de passionnants échanges. Je tiens également à saluer toutes les discussions partagées dans d'autres contextes, académiques ou non, qui m'ont nourri intellectuellement quoique ne concernant pas toujours directement le sujet de cette thèse.

Je tiens spécialement à témoigner mon amitié envers Quentin Hardy avec qui, avides de palabrer, nous avons parfois mis sur noir et blanc quelques idées.

En m'impliquant dans la création de la revue Terrestres, j'ai eu la chance de partager de belles discussions à bâtons rompus avec les membres du collectif de rédaction qui ont contribué de près ou de loin à l'écriture de cette thèse. C'est avec une chaleureuse camaraderie que je souhaite exprimer ma gratitude envers cette formidable équipe et saluer notre ami Xavier qui nous a quitté il y a peu.

J'ai eu la chance de pouvoir mener plusieurs entretiens pour la réalisation de cette thèse. Je suis très reconnaissant envers les personnes qui ont eu la générosité de me les accorder, à savoir Marie-Lise Chanin, Jean-Claude Duplessy, Rodney Ewing, Catherine Jeandel, Ian Fairchild, Laurence Lestel, Michel Meybeck, Will Steffen, Colin Waters, Mark Williams et Jan Zalasiewicz. En outre, je tiens à exprimer ma reconnaissance toute particulière envers l'équipe du département de géologie de l'Université de Leicester pour leur accueil en janvier 2018.

Je remercie vivement les personnes qui ont pris le temps de relire certains passages de cette thèse et de m'offrir des retours exigeants mais toujours constructifs : Bernadette Bensaude-Vincent, Enno Devillers-Peña, Jean-Baptiste Fressoz, Quentin Hardy, François Jarrige, Baptiste Monsaingeon et Sophie Poirot-Delpech.

L'écriture d'une thèse exige une correction idéalement irréprochable, dont, seul, je n'aurais guère été capable. Un grand merci aux personnes qui se sont généreusement dévouées pour la relecture orthographique : Annabelle Dumoutet, Pauline Lallement, Baptiste Monsaingeon, Jean-Savin Héron et Enno Devillers-Peña.

L'achèvement d'une thèse est conditionné par des aspects matériels essentiels, le plus souvent précaires, compte tenu de la situation actuelle de l'Enseignement supérieur et de la recherche. Il va sans dire que sans la socialisation des salaires et la distribution des allocations qu'elle permet, et sans le soutien de mes parents, je n'aurais pu mener à bien ce projet sous sa forme actuelle.

Je remercie très chaleureusement l'ensemble de mes ami·es ainsi que ma famille pour leur soutien et les moments de joie partagée.

Enfin et surtout, ce parcours doit beaucoup à la chaleur d'un foyer réconfortant que j'ai construit avec Pauline Lallement. Voir naître et grandir des enfants est un émerveillement quotidien et implique une présence que la vie universitaire entrave parfois. Nous avons appris à composer nos différentes temporalités, en décidant parfois de nous défaire de certaines obligations qui rendaient le quotidien par trop sacrificiel ou inégalitaire. Malgré tout, il subsistera toujours une part donnée, pour laquelle je serai éternellement reconnaissant.

Table des matières

RESUME	3
REMERCIEMENTS.....	5
TABLE DES MATIERES	7
LISTE DES ABREVIATIONS	12
LISTE DES FIGURES	14
LISTE DES TABLEAUX	18
INTRODUCTION GENERALE	23
CIRCULATION DE LA NOTION D'ANTHROPOCENE.....	25
<i>L'Anthropocène dans les sciences du « système Terre ».....</i>	25
<i>L'Anthropocène dans les sciences humaines et sociales.....</i>	30
<i>L'Anthropocène dans l'espace médiatique</i>	35
CONSTRUCTION DU PROBLEME	39
<i>Cartographie de la réflexivité anthropocénique</i>	39
<i>Le problème de la réflexivité environnementale</i>	41
CADRE THEORIQUE ET PLAN GENERAL.....	47
<i>Une exigence : résister à l'assignation</i>	48
<i>Premier outil : l'archéologie foucauldienne</i>	52
<i>Deuxième outil : la traduction permanente.....</i>	55
<i>Organisation de la thèse selon trois temporalités.....</i>	58
PREMIERE PARTIE : L'AGIR GEOLOGIQUE DISPERSE DANS LES SAVOIRS DE LA TERRE (XIXE-XXE SIECLES)	63
<i>CHAPITRE I</i> INTRODUCTION DE LA PREMIERE PARTIE	65

1.1 <i>Le précurseur et l'histoire des sciences</i>	67
1.2 <i>Ramener à vie des énoncés</i>	70
CHAPITRE 2 L'AVENEMENT DU CO₂ ET L'AGIR CLIMATIQUE	77
2.1 <i>Civiliser le climat</i>	81
2.2 <i>Fourier</i>	84
2.3 <i>Tyndall</i>	88
2.4 <i>Arrhenius</i>	92
2.5 <i>Chamberlin</i>	98
2.6 <i>Callendar</i>	102
2.7 <i>Du possible à la positivité</i>	105
CHAPITRE 3 LA GEOGRAPHIE ET L'USURE DU MONDE	109
3.1 <i>George Perkins Marsh</i>	110
3.2 <i>La géographie soucieuse de l'usure du monde</i>	113
CHAPITRE 4 LA GEOLOGIE ET LA DERNIERE EPOQUE DE L'HISTOIRE DE LA TERRE	117
4.1 <i>Fonder ontologiquement la possibilité d'un temps humain</i>	119
4.2 <i>Une emprise matérielle de plus en plus visible</i>	127
4.3 <i>Le statut de l'humanité dans l'histoire de la Terre</i>	139
CHAPITRE 5 LA BIOGEOCHIMIE ET L'INTERVENTION HUMAINE DANS LES CYCLES DE LA MATIERE	147
5.1 <i>Moteur institutionnel et cosmopolitisme</i>	148
5.2 <i>Vernadsky prophète ?</i>	149
CHAPITRE 6 CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE : GRAND RECIT ET REFLEXIVITE PLANETAIRE	157
6.1 <i>Anatomie d'un Grand récit positif</i>	158
6.2 <i>Traces d'une réflexivité planétaire</i>	162
DEUXIEME PARTIE : L'INVENTION DE L'ENVIRONNEMENT TOTAL (1950-2000). 169	
CHAPITRE 7 INTRODUCTION DE LA DEUXIEME PARTIE	171
7.1 <i>Le nouveau pouvoir de dire le même</i>	171
7.2 <i>Le dispositif comme réalité pré-individuelle</i>	174
7.3 <i>Le diagnostic comme forme du géo-savoir</i>	178
7.4 <i>Décrire l'invention de l'environnement global</i>	181
CHAPITRE 8 OPERATIONNALITE ET OPERATIVITE TERRESTRES	185
8.1 <i>La Terre comme milieu d'opérationnalité</i>	186
8.2 <i>Opérativité terrestre : agir sur le milieu</i>	189
8.3 <i>Conclusion</i>	196

CHAPITRE 9 IMAGES GLOBALES, REGIME TOTAL	199
9.1 <i>L'année géophysique internationale</i>	201
9.2 <i>A la recherche de vues synoptiques</i>	204
9.3 <i>Conclusion</i>	214
CHAPITRE 10 TRACER LE TEMPS ET L'ESPACE DE LA TERRE.....	217
10.1 <i>L'atome et la trace</i>	219
10.2 <i>Traces du temps</i>	225
10.3 <i>Conclusion</i>	232
CHAPITRE 11 DIAGNOSTIQUER L'ENVIRONNEMENT GLOBAL	235
11.1 <i>Productivité de la Terre : bon usage, bonne santé</i>	237
11.2 <i>Le cas SCOPE</i>	245
11.3 <i>Conclusion</i>	252
CHAPITRE 12 LE « SYSTEME TERRE » ETATS-UNIEN	255
12.1 <i>Retour sur Terre depuis l'espace</i>	260
12.2 <i>Concevoir et habiter la « Bille bleue » depuis l'espace</i>	265
12.3 <i>Le « système Terre »</i>	274
12.4 <i>Conclusion</i>	280
CHAPITRE 13 L'IGBP ET LES SCIENCES DU CHANGEMENT GLOBAL	283
13.1 <i>Entre influence états-unienne et communauté des sciences climatiques et biogéochimiques</i>	285
13.2 <i>Domaine de l'action humaine</i>	293
13.3 <i>« Système Terre » comme carte programmatique de l'IGBP</i>	298
13.4 <i>Intégration concrète</i>	302
13.5 <i>Le rôle des modèles dans l'IGBP</i>	305
13.6 <i>Conclusion</i>	308
CHAPITRE 14 DU DIAGNOSTIC AU MANAGEMENT PLANETAIRE	311
14.1 <i>Réflexivité géologique entre sciences et politiques</i>	312
14.2 <i>De la géo-cybernétique à la géophysiolgie</i>	318
14.3 <i>Conclusion</i>	325
CHAPITRE 15 CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE : LES SIGNES ET L'AGIR	
PLANETAIRES	327
15.1 <i>Un problème de continuité historique</i>	328
15.2 <i>Sémiotisation du globe et pouvoir nosologique</i>	332
15.3 <i>L'agir et la Terre</i>	335
15.4 <i>Environnement, guerre et totalité</i>	337
TROISIEME PARTIE : DIRE L'EVENEMENT GEOLOGIQUE (2000-2018)	341

CHAPITRE 16	INTRODUCTION DE LA TROISIEME PARTIE	343
16.1	<i>Trajectoire collective d'énonciation</i>	343
16.2	<i>Des balivernes comme concepts.....</i>	345
16.3	<i>Cadrer l'enquête</i>	349
CHAPITRE 17	PREMIERES ENONCIATIONS.....	351
17.1	<i>Le texte de Global Change IGBP Newsletter (2000)</i>	353
17.2	<i>Dispersion des premiers usages.....</i>	359
17.3	<i>L'article de Nature.....</i>	363
17.4	<i>Conclusion</i>	365
CHAPITRE 18	ARENES DE PUBLICISATION DE LA NOTION D'ANTHROPOCENE	367
18.1	<i>L'hypothèse d'un agir climatique dans l'Holocène</i>	368
18.2	<i>Réponse par un détour anticipé.....</i>	373
18.3	<i>Conclusion</i>	379
CHAPITRE 19	VASCULARISATION DANS LES ARENES DES SST	381
19.1	<i>Les sciences internationales comme arènes de circulation.....</i>	383
19.2	<i>Incertitudes et totalité</i>	386
19.3	<i>Technological fixes.....</i>	390
19.4	<i>Périodisation.....</i>	395
19.5	<i>Vers un grand récit de l'Anthropocène</i>	397
19.6	<i>Réécriture avec McNeill.....</i>	399
19.7	<i>Conclusion</i>	403
CHAPITRE 20	LA GEOLOGIE ENTRE EN SCENE.....	407
20.1	<i>La constitution d'un collectif de géologues.....</i>	407
20.2	<i>Création de l'Anthropocene Working Group.....</i>	416
20.3	<i>Des projets hétérogènes</i>	420
20.4	<i>Différenciations épistémiques</i>	425
20.5	<i>Conclusion</i>	429
CHAPITRE 21	FAIRE DE LA GEOLOGIE DE L'ACTUEL	433
21.1	<i>Le rôle de l'inactuel dans la géologie.....</i>	434
21.2	<i>Rendre la géologie actuelle.....</i>	438
21.3	<i>Sémiotisation et événement</i>	446
21.4	<i>Conclusion</i>	451
CHAPITRE 22	LA NORME DE LA TERRE ET L'AGIR PLANETAIRE	453
22.1	<i>Problématiser la situation géologique</i>	454
22.2	<i>Définir des limites planétaires</i>	456
22.3	<i>La norme de la Terre.....</i>	461
22.4	<i>Le dilemme de l'intendant.....</i>	465

22.5 Conclusion	470
CHAPITRE 23 CONCLUSION DE LA TROISIEME PARTIE : L'ANTHROPOS ET L'EXPLICITATION	
DU GEO-SAVOIR	473
23.1 Est-il vain de controverser sur le nom de l'événement géologique ?.....	474
23.2 Un moment d'explicitation pour la politique	477
CONCLUSION GÉNÉRALE	483
UNE DIPLOMATIE DES SAVOIRS EST-ELLE POSSIBLE ?	488
LE GÉOPOUVOIR ET L'ACTUALITÉ.....	500
ENTENDRE LE SCANDALE DE L'ÉVÉNEMENT	506
BIBLIOGRAPHIE.....	519
INDEX RAISONNÉ DES NOMS ET DES INSTITUTIONS	577

Liste des abréviations¹

AEC	Atomic Energy Commission
AGI	Année géophysique internationale
AGU	American Geophysical Union
AWG	Anthropocene Working Group
BAHC	Biosphere Aspects of the Hydrological Cycle
BGS	British Geological Survey
BRGM	Bureau de recherches géologiques et minières
BSC	British Stratigraphic Commission
CCNUCC	Convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques
CEA	Commissariat à l’Energie Atomique
CIS	Commission internationale de stratigraphie
CLIMAP	Climate: Long range Investigation, Mapping, and Prediction
COP	Conference of Parties
COSPAR	Committee on Space Research
ENMOD	Environmental Modification Convention
ERCA	European Research Course on Atmosphere
ESSC	Earth System Sciences Committee
FCCSET	Federal Coordinating Council for Science, Engineering, and Technology
GAIM	Global Analysis, Interpretation and Modelling
GARP	Global Atmosphere Research Programme
GATE	GARP Atlantic Tropical Experiment
GCTE	Global Change and Terrestrial Ecosystems
GEMS	Global Environmental Monitoring System
GEOSECS	Geochemical Ocean Sections Study
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat
GOS	Global Observing System
GSA	Geological Society of America
GSL	Geological Society of London
GSSP	Global Boundary Stratotype Section and Point
GWE	Global Weather Experiment
IAMAS	Association internationale de Météorologie et de Sciences atmosphériques

¹ Nous avons établi cette liste en retenant seulement les abréviations les plus courantes.

IBP	International Biology Programme
ICSU	International Council of Scientific Unions
IDOE	International Decade on Ocean Exploration
IGAC	International Global Atmospheric Chemistry
IGBP	International Geosphere-Biosphere Programme
IHDP	International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change
IHOPE	An Integrated History of People on Earth
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IUGS	International Union of Geological Sciences
MAB	Man and the Biosphere
NAS	National Academy of Sciences
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NSF	National Science Foundation
NRC	National Research Council
ORNL	Oak Ridge National Laboratory
OTAN	Organisation du traité de l'Atlantique nord
PAGES	Past Global Changes
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
SC-IGBP	Scientific Committee for the International Geosphere-Biosphere Programme
SCOPE	Scientific Committee on Problems of the Environment
SCOR	Scientific Committee on Oceanic Research
SHS	Sciences humaines et sociales
SQS	Sub-Commission on Quaternary Stratigraphy
SST	Sciences du « système Terre »
START	Global Change System for Analysis, Research and Training
UNEP	United Nations Environment Programme
UNFCCC	Conférence cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
WCRP	World Climate Research Programme
WHO	World Health Organization
WMO	World Meteorological Organization

Liste des figures

- Figure 1 – Evolution de (A) l’usage du terme « Anthropocène » dans un titre, un abstract ou le corps d’un article de la littérature scientifique et (B) du nombre de citations de ces travaux. Données et graphiques repris d’un article de 2017 signé par Zalasiewicz et ses collègues, qui construisent leur analyse à partir de la base de données Scopus. 28
- Figure 2 – Evolution du nombre annuel d’articles contenant le terme « Anthropocène » dans un titre, un abstract ou le corps d’un article issu d’une revue périodique à comité de lecture, toutes disciplines confondues. Les données sont construites à partir du moteur de recherche Academic Search Premier, puisque nous n’avons pas eu accès à Scopus..... 29
- Figure 3 – Nombre d’occurrences dans les abstracts et titres de présentation ayant eu lieu dans le cadre des congrès organisés par l’American Geophysical Union (AGU) entre 2000 et 2017..... 30
- Figure 4 – Evolution annuelle des occurrences du terme « Anthropocène » entre 2000 et 2020 dans les presses de langue française (gris foncé) et anglaise (gris clair). Données obtenues via le moteur de recherche Europresse. Recherche indifférente à la casse, dans toute zone géographique (locale, nationale internationale) dans les quotidiens, hebdomadaires et mensuels, du 1^{er} janvier au 31 décembre de chaque année..... 36
- Figure 5 – Evolution annuelle du nombre d’ouvrages contenant le terme « Anthropocène » ou « Anthropocene » dans le monde entre 2000 et 2020. Chiffres obtenus à partir de WorldCat..... 37
- Figure 6 – Frontispice de la première édition du volume II des Principes de Lyell, représentation de la vallée du Mont Etna. En figurant la coexistence d’un volcan actif, de monts rocheux dénudés et d’une vallée sur laquelle la vie s’épanouit, l’image nous donne à contempler les puissances relatives dans l’ordre des causes Terrestres. Les massifs rocheux occupent un espace considérable en regard de la zone d’habitabilité du vivant, mais les traits rectilignes dessinés par la végétation semblent indiquer un vivant cultivé par la main humaine. 121
- Figure 7 – Extrait de la classification exposée par Jenkyn à la leçon XLVII 124
- Figure 8 – Représentation des âges de la Terre en coïncidence avec l’apparition des grandes étapes de l’évolution de la vie selon Dana. L’auteur revendique une inspiration d’après les travaux du géologue suisse Agassiz. 125
- Figure 9 – Représentation des dernières strates de la croûte terrestre en fonction des périodes selon Dana. .. 126
- Figure 10 – Périodisations proposées par Stoppani relatives à l’Anthropozoïque. A gauche, il s’agit de celle des Note, à droite celle du Corso. On peut constater un changement dans la hiérarchie des temps géologiques. 128
- Figure 11 – Décomposition de l’âge anthropolithique chez Haeckel. 131
- Figure 12 – Diagramme illustrant la dynamique d’instauration des classes dominantes à travers l’histoire de la Terre selon LeConte. 132
- Figure 13 – Répartition des classes d’animaux en fonction des ères géologiques d’après Leconte..... 134
- Figure 14 – Représentation de la « succession générale des ères géologiques [...] et de leurs grandes caractéristiques paléontologiques ». Cette figure, qui n’est pas sans rappeler celles du XIX^e siècle, est présente dans l’ouvrage de 1921, réédité jusqu’en 1951. Professeurs au Muséum national d’Histoire naturelle et tous deux directeurs de l’Institut de paléontologie humaine, les auteurs, Marcellin Boule et Henri Vallois commentent : « [...] l’Ere quaternaire, ou anthropozoïque, ou psychozoïque, qui dure encore est caractérisée par le règne du plus perfectionné des Mammifères, l’Homme. » Cette figure est présente jusqu’à la quatrième édition de 1952, elle est un exemple de la longévité des catégories « anthropocénoïdes » mais surtout des présupposés de nature paléontologique qui en autorisent

- Figure 15 – Représentation de l'« arbre généalogique systématique » (*systematischer Stammbaum*) de la vie selon Haeckel. En haut à droite est mentionnée la « domination de l'homme » (*Herrschaft des Menschen*), qui suit la courte période diluvienne. A gauche, on peut lire l'abréviation « Anthr. » pour « *Anthropozoische* », Ere géologique qui comprend donc la période diluvienne. 160
- Figure 16 – Caricature extraite du *Bulletin of the Atomic Scientists* de 1975. En plus de la présence des ordinateurs, le dessin révèle l'imaginaire de la salle d'opération, plaçant l'acteur militaire devant le choix de la bonne opérativité terrestre. L'ingénieur-scientifique, comme opérateur, attend patiemment le commandement pour lui-même actionner la bonne commande. Ici représentée sous sa forme la plus élémentaire, à côté d'écrans rappelant la présence d'un régime scopique de la Terre, la simplicité du bouton de commande cache un réseau techno-scientifique complexe dont témoigne l'opérateur représenté en ingénieur-scientifique, et non pas manutentionnaire, militaire ou technicien. 193
- Figure 17 – Cartographie du sous-programme intitulé « La Décennie internationale de l'exploration océanique » (IDOE). 209
- Figure 18 – « La bille bleue » (*The Blue Marble*). Photographie prise lors du voyage vers la Lune lors de la mission *Appolo 17*, le 17 décembre 1972. 212
- Figure 19 – Proposition de routes pour les mesures dans les océans Atlantique et Pacifiques dans le cadre du programme *GEOSECS*. 221
- Figure 20 – Représentation explicitement spéculative de la circulation des eaux océaniques dans l'Atlantique selon Broecker et Peng. Cette circulation est simplement une supposition (« *guess* ») qui appelle l'usage de traceurs artificiels afin d'en augmenter sa charge de réalité. 222
- Figure 21 – Variations de l'excentricité et du climat au cours des 500 000 dernières années selon Heys et ses collègues. Dans les graphes A et B, les courbes supérieures et inférieures montrent les composantes fréquentielles extraites par analyse du signal de la courbe principale : $\delta^{18}O$ en A et température de surface océanique en B. 230
- Figure 22 – Evolution du nombre d'activités environnementales de nature juridique et organisationnelle entre 1970 et 1990 selon Meyer et ses collègues. 238
- Figure 23 – *City under the Sea*, par Klaus Bürgele en 1964. 243
- Figure 24 – Représentations des cycles du phosphore (A) et du soufre (B) dans le septième rapport de *SCOPE*. 251
- Figure 25 – Chronologie représentant les principaux programmes de recherche portant sur l'environnement global entre 1950 et 2010. Les noms manquants sont par ordre chronologique : *International Geophysical Year (IGY (1957-58))* ; *Commission on Atmospheric Chemistry and Radioactivity (CACR)* ; *International Biological Programme (IBP)* ; *Global Atmospheric Research Program (GARP)* ; *Human Dimensions Programme (HDP)* ; *International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP)* ; *Integrated Global Observing Strategy Partnership (IGOS-P)* ; *Millenium Assessment (MA)* ; *Group on Earth Observation (GEO)*. Cette figure est inspirée de Uhrqvist. 256
- Figure 26 – Représentation des différents types de technologies de mesure susceptibles d'être convoquées dans le dispositif d'observation de la Terre. 273
- Figure 27 – Page de garde du rapport de 1984, *Science and Mission Requirements Working group* de l'*EOS*. Il y est écrit « Les processus fondamentaux qui gouvernent et intègrent ce système sont le cycle hydrologique, les cycles biogéochimiques et les processus climatiques, et chacun inclut des phénomènes physiques, chimiques et biologiques. » 274
- Figure 28 – Schéma de distribution des phénomènes principaux engagés dans le fonctionnement du « système Terre » selon les échelles de temps et d'espace. 276
- Figure 29 – Diagramme simplifié du « système Terre » selon Bretherton et ses collègues, également appelé

« diagramme de Bretherton », même si son auteur est plutôt Berrien Moore III.....	278
Figure 30 – Iconographie du rapport de 1988, <i>A plan for action</i> . La figure A évoque l'importance de l'action humaine, notamment industrielle, pour le programme tandis que la figure B (couverture), que l'on trouve au frontispice de la plupart des rapports des années 1980 et du début des années 1990, représentent les différentes sphères fonctionnelles du « système Terre ».....	296
Figure 31 – Principales composantes du système Terre et des interactions qui y ont lieu. Les interactions numérotées sont l'objet de composantes du programme IGBP.....	299
Figure 32 – Relations entre les différents processus « essentiels à la compréhension du changement global ». Les flèches renvoient aux questions de recherche priorisées par l'IGBP en 1990. En 1994, le système Terre est caractérisé comme suit : « deux sous-systèmes en interactions, le Sous-système Physique-climatique et le Sous-système Biogéochimique, liés par le cycle hydrologique global et par des variables de sous-système tels que la concentration des gaz à effets de serre, la rugosité de surface et l'albedo ».	300
Figure 33 – Tendances des transformations environnementales provoquées par l'action humaine par Kates et ses collègues dans « <i>The Great Transformation</i> ». En ordonnées, ce sont les quartiles qui sont représentés, ce qui permet de tracer sur un même graphe les différentes composantes pour autant incommensurables selon d'autres critères. On constate que l'après-guerre est déjà mis en évidence comme période clé.	314
Figure 34 – Représentation des deux « révolutions coperniciennes » selon Schellnhuber. La figure (a) renvoie à la première et la seconde, représentant un chirurgien ouvrant ce qui semble être le corps organique de la Terre, est illustrée par la figure (b). Dans les « organes », on peut reconnaître une représentation par flèches de la circulation thermohaline (flèches bleues et rouges), ainsi que les échanges de chaleurs dans l'atmosphère entre les hautes et basses latitudes ou encore les transferts radiatifs.	324
Figure 35 – Nous reproduisons ici à gauche l'anomalie de l'évolution de la concentration de CH ₄ dans l'atmosphère ; et à droite l'anomalie de concentration de CO ₂ dans l'atmosphère. Concernant le CH ₄ , on aurait affaire à une anomalie de 250 parties par milliards (ppb) au lieu de 100 ppm, et elle serait de 40 parties par millions (ppm), ce qui équivaut à 320 gigatonnes (Gt) de ce gaz, et non pas de 25 ppm (équivalent à 200 Gt), tels que les observations pourraient nous conduire à penser.	369
Figure 36 – Augmentations anthropogéniques de (a) la concentration atmosphérique de CH ₄ (b) la concentration atmosphérique de CO ₂ . Elévation (c) de la température atmosphérique due aux émissions de GES anthropiques. Remarquons que les émissions de CH ₄ et de CO ₂ débuteraient depuis 5000 ans et 8000 ans respectivement.	370
Figure 37 – Panorama des « changements du système Terre ». (a) « Taux de changements de l'activité humaine ». (b) « Changements au sein du système Terre à l'échelle globale provoqués par l'activité humaine ». Plus que le détail des courbes, il s'agit ici de restituer à l'aide de ces figures le type de technique intellectuelle utilisée comme panorama. On observera qu'il s'agit de mettre en évidence l'accroissement synchrone d'une série d'entités représentant d'une part l'action humaine et d'autre part l'état de la Terre. De plus, les différences entre les deux versions restent suffisamment mineures pour les analyser.	374
Figure 38 – « Un exemple de la complexité du système Terre », note Paul Crutzen. Il s'agit des réactions nécessaires pour décrire la chimie de l'ozone stratosphérique.....	387
Figure 39 – Représentation simplifiée du processus d'association et de réécriture du concept d'Anthropocène au cours de sa trajectoire d'énonciation.....	404
Figure 40 – Couverture du numéro de <i>GSA Today</i> (volume 18 numéro 2) accueillant l'article de Zalasiewicz et ses collègues. Ici le paysage d'immeubles de Shanghai évoque l'importance géologique des activités humaines.	411
Figure 41 – Charte chronostratigraphique de l'ICS, ou plus prosaïquement chronologie de l'histoire de la Terre. On pourra s'y rapporter pour saisir les enjeux d'échelles et de correspondance entre les deux régimes de temps (roche, temps chronométrique) de la stratigraphie.....	414
Figure 42 – Bassin d'attraction de l'Anthropocène et de la trajectoire de la Terre dans l'espace des phases. La	

ligne verte représente la limite de la variabilité naturelle, alors que la ligne rouge représente la limite du bassin d'attraction. Selon les tenants du concept d'Anthropocène des SST, c'est bien ladite « Grande Accélération » qui constituerait un point de non-retour. 428

Figure 43 – Lithographie choisie par Franck Buckland comme frontispice de ses Curiosities of Natural History portraiturant son père, géologue, en ichtyosaure. Au sein d'une végétation luxuriante, un reptile professe un cours dont le propos est illustré par le crâne d'une espèce disparue : les humains. « Vous pouvez constater immédiatement, signale le professeur, que le crâne devant nous appartenait à un animal d'un ordre inférieur — les dents sont très réduites, la puissance de la mâchoire insignifiante ; si bien que la façon dont cette créature se procurait de la nourriture reste encore un mystère. » 438

Figure 44 – Emboîtement institutionnel et parcours de validation d'une proposition d'un GSSP pour l'Anthropocène. 443

Figure 45 – Schéma montrant des exemples de ce qui pourrait constituer des signatures stratigraphiques pouvant être utilisées pour définir des marqueurs pour l'Anthropocène. Ce schéma est issu d'un article qui propose que le marqueur principal soit défini en fonction d'isotopes radioactifs, mais il montre aussi la diversité des éléments à disposition pour toute définition stratigraphique de l'Anthropocène. 447

Figure 46 – Illustration par les auteurs de deux situations de changement avec (à gauche) et sans (à droite) seuil. Dans les deux cas, on peut fixer une limite, ici placée avant la zone d'incertitude. Le « seuil » ne correspond pas à la possibilité d'un effondrement mais à son caractère abrupt, dépendant de variations minimales. 459

Figure 47 – Représentation de la concentration de 18O, indicateur de la température atmosphérique au cours des 100 000 dernières années, d'après Rockström et ses collègues. Des événements préhistoriques et historiques sont fournis et aident à la représentation de la stabilité climatique que représente l'Holocène par rapport au reste de l'histoire humaine. 462

Figure 48 – Trajectoires possibles du « système Terre ». Les effets d'accélération sont rendus par des lignes topographiques d'après Steffen et ses collègues. 464

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 – Principales propositions pour le commencement de l'Anthropocène dans la littérature dite « scientifique » : géologie, géographie physique, climatologie, biologie. Ma : millions d'années. AA : avant aujourd'hui.....</i>	<i>27</i>
<i>Tableau 2 – Date de première mention du terme « Anthropocène » dans le titre ou dans le corps d'un texte auprès de 21 acteurs appartenant au champ des SHS.</i>	<i>31</i>
<i>Tableau 3 – Liste non-exhaustive des termes formés ou utilisés par des acteurs du champ des SHS et de la philosophie en réponse à la circulation de la notion d'Anthropocène.....</i>	<i>33</i>
<i>Tableau 4 – Liste des textes cités comme « antécédents » dans la littérature définitoire de l'Anthropocène.....</i>	<i>66</i>
<i>Tableau 5 – Théories expliquant les changements climatiques courantes au XXe siècle selon Brooks 1950, établie par Fleming.....</i>	<i>80</i>
<i>Tableau 6 – Variation des températures atmosphériques causées par des écarts de concentration de CO₂ dans l'atmosphère.</i>	<i>93</i>
<i>Tableau 7 – Principaux processus à l'origine des flux de carbone entrant et sortant de l'atmosphère selon Högbom</i>	<i>94</i>
<i>Tableau 8 – Estimations de l'influence de la combustion de d'énergie fossile sur la concentration atmosphérique de CO₂ par Callendar.</i>	<i>104</i>
<i>Tableau 9 – Proportions de la durée des âges dans l'histoire de la Terre selon Haeckel.....</i>	<i>131</i>
<i>Tableau 10 – Représentation de la place de l'Ere Psychozoïque par rapport aux catégories admises alors en archéologie d'après LeConte.</i>	<i>134</i>
<i>Tableau 11 – Principales organisations créées sous l'impulsion d'ICSU au cours de la seconde moitié du XXe siècle. L'ICSU compte seulement quatre organisations en 1960, 20 en 1972 et 39 en 1982.....</i>	<i>204</i>
<i>Tableau 12 – Principaux isotopes d'origine anthropogéniques utilisés dans les sciences environnementales, d'après Porcelli et Baskaran.....</i>	<i>220</i>
<i>Tableau 13 – Liste des publications de SCOPE entre 1970 et 1990 concernant les problématiques environnementales à l'échelle globale. Les couleurs désignent : bleu pour les changements environnementaux globaux en général ; orange pour la biogéochimie ; jaune pour le changement climatique ; le violet pour les pollutions ; rose pour le nucléaire. Pour consulter les références, voir en bibliographie.....</i>	<i>248</i>
<i>Tableau 14 – Principaux rapports de la NASA et du NRC traitant du programme états-unien afférent aux sciences de la Terre dans les années 1980 classés par ordre chronologique de parution. Certains titres ont été raccourcis pour une plus grande lisibilité. Pour le détail des références, voir en bibliographie.</i>	<i>265</i>
<i>Tableau 15 – Principaux rapports du NRC et de l'ICSU concernant explicitement la programmation de l'IGBP entre 1983 et 1994. Les comités auteurs sont en gras et les institutions de rattachement sont précisées dans la colonne de gauche.</i>	<i>292</i>
<i>Tableau 16 – Définitions de l'objectif principal de l'IGBP à travers les rapports du Global Change Committee (NRC), du Ad Hoc Planning Goup (ICSU) et du Special Committee (ICSU).....</i>	<i>297</i>
<i>Tableau 17 – Six questions de recherche déterminées par l'IGBP en 1994 et des sous-programmes correspondants envisagés à ce moment.....</i>	<i>301</i>
<i>Tableau 18 – Récapitulation des symptômes de l'influence de l'activité humaine sur les « composantes » du « système Terre ».</i>	<i>377</i>

<i>Tableau 19 – Présence du terme « Anthropocène » dans la série des IGBP Book Series, série constituée de synthèses de l'IGBP, institution incontournable des SST. N_Index renvoie aux nombres de mention du terme en index de l'ouvrage ; P_Intro renvoie à la présence (=1) ou à l'absence (=0) du terme en introduction de l'ouvrage ; N_occ renvoie au nombre d'occurrences du terme hors-paratexte (en excluant les notes, références bibliographiques, index, mots clés).....</i>	<i>382</i>
<i>Tableau 20 – Mises en rapport temporel des changements environnementaux correspondant à l'Anthropocène dans l'article de GSA Today en 2008. On observe ici que ces dernières sont quasi-systématiquement réalisées par rapport au futur spéculatif des sciences et par rapport à des événements de l'histoire de la Terre.....</i>	<i>413</i>
<i>Tableau 21 – Composition de l'AWG en 2009 à 2015. Les géologues sont dominants et mais le groupe comprend dès le départ des acteurs proches des SST. Nous surlignons en vert les primo-arrivants, en rouge les sortants. En cinq ans, deux historiens (Grinevald et McNeill) sont recrutés, de même que le journaliste Andrew Revkin ou le juriste Davor Vidas. Cette période correspond à un moment d'extension du groupe, qui se stabilise par la suite.....</i>	<i>419</i>
<i>Tableau 22 – Evolution des membres de l'AWG entre 2016 et 2020. En vert les membres entrants, en rouge les membres sortants. A noter que seul Crutzen sort : il décède en effet en 2019 (il garde un statut de membre à titre honorifique en 2020). Les membres votants de l'équipe de 2020 sont signalés par une étoile.....</i>	<i>423</i>
<i>Tableau 23 – Phénomènes caractérisant l'Anthropocène et pouvant être enregistrés. Les enregistrement chimiotratigraphiques sont des exemples donnés et non pas une vue générale.....</i>	<i>426</i>
<i>Tableau 24 – Principales propositions pour le commencement de l'Anthropocène dans la littérature dite « scientifique » : géologie, géographie physique, climatologie, biologie. Ma : millions d'années. AA : avant aujourd'hui.....</i>	<i>434</i>
<i>Tableau 25 – Principales critiques formulées à l'encontre du travail de l'AWG visant à formaliser la notion d'Anthropocène dans l'échelle des temps géologiques, depuis une perspective des sciences de la Terre.....</i>	<i>439</i>
<i>Tableau 26 – Propositions de l'AWG pour un marqueur principal de l'Anthropocène entre 2008 et 2018. Celles qui ont la faveur des auteurs sont colorées en rouge. Il est important de souligner qu'il ne s'agit aucunement de propositions formelles, destinées donc à être derechef entérinées par la CIS, mais de propositions au sens de mise en débat d'énoncés.....</i>	<i>450</i>
<i>Tableau 27 – Tableau paramétrique de l'espace de sûreté selon Rockström et ses collègues Les lignes en rouge correspondent à un état critique du domaine considéré, en rouge sont représentées les limites dépassées.....</i>	<i>460</i>

A l'indifférence dépossédée

Introduction générale

N'importe quel objet, si vous l'étudiez correctement, toute la société vient avec.

— André-Georges Haudricourt

One simple sentence (like « last year was the warmest year on record ») might be the distillation of the labors of a multigenerational global community².

— Spencer Weart, 2003

Soit un document : un court billet d'opinion dans la revue *Science*, volume 64, numéro 1644, page 16. Il est écrit par un géologue états-unien de l'université de John Hopkins.

On ne saurait s'opposer à l'idée de se référer à l'époque actuelle comme Age de l'Homme – ou de la Femme, d'ailleurs – mais voilà une chose assez différente que d'élaborer formellement le Psychozoïque comme une ère [géologique]. Car le terme n'en possède aucun caractère, que cela soit par rapport à la durée concernée, aux dépôts sédimentaires ou à l'originalité d'une limite inférieure – qu'elle soit stratigraphique, animale ou florale³.

En quoi une telle affirmation peut-elle susciter notre étonnement ou au contraire nous laisser indifférent ? En une vingtaine d'années, le concept d'Anthropocène nous a rendus si familier avec l'idée d'une agentivité géologique de l'humanité que controverser au sujet d'une ère géologique d'origine humaine nommée « Psychozoïque » semble somme toute banal. Or ce texte a été publié il y a près d'un siècle, en 1926. Ainsi, dès cette époque, on propose non seulement une telle ère géologique, mais on en dispute la légitimité stratigraphique tout en lui reconnaissant une certaine validité – ici l'Age de l'Homme ou de la Femme. Peut-on alors dire que ce texte signale l'existence de précurseurs du concept d'Anthropocène oubliés, la nouveauté de ce dernier ne nous apparaissant que par l'effet d'une amnésie ? Ou bien, sous l'apparence d'un contenu semblable, a-t-on affaire à deux énoncés radicalement incomparables du fait de l'hétérogénéité épistémique qui les sépare ? Plus généralement, ce simple document

² S. WEARTH, *The Discovery of Global Warming*, Cambridge & London, Harvard University Press, 2003, p. 118

³ E. W. BERRY, « The Term Psychozoic », *Science*, vol. 64, n° 1644, 2 juillet 1926, p. 16

nous invite à nous demander quel est le statut historique du concept d'Anthropocène : à quel titre peut-on précisément le qualifier d'événement dans l'ordre des savoirs et quelle est sa singularité historique ?

Cette thèse se donne pour objet d'analyser le concept d'Anthropocène comme manière de *dire l'événement géologique*. Tout d'abord, il s'agit bien de *l'événement* géologique, et non pas d'*un* événement ou de *tous* les événements géologiques, pris indifféremment. L'article défini « le » importe ici dans la mesure où *l'événement* géologique est bien celui dans lequel nous sommes pris et qui nous concerne au présent. C'est donc en premier lieu parce que le concept d'Anthropocène nomme *notre* actualité géologique, et non pas un passé lointain et inactuel que l'on pourrait tenir à distance, qu'il est pour nous un objet d'intérêt. En second lieu, nous analysons le concept d'Anthropocène avant tout comme un acte d'énonciation. Si nous justifierons plus précisément ce point, soulignons d'ores et déjà qu'avant de renvoyer à des normes disciplinaires, à des traditions ou encore à des cadres théoriques déterminés, nous l'envisageons bien au titre d'un *dire*, c'est-à-dire comme un *acte d'énonciation dans le discours*.

C'est précisément pour cette raison qu'une approche archéologique nous semble pertinente. En effet, le *dire* comporte deux facettes qui semblent au premier abord contradictoires. D'une part, l'acte d'énonciation est bel et bien un événement singulier, dans la mesure où une pure répétition est impossible. Saisir le concept d'Anthropocène comme un acte d'énonciation, c'est donc chercher à montrer en quoi il constitue un événement au sens d'*une singularité dans le temps*. Nous aurons donc à déterminer ce en quoi il se singularise dans l'histoire du discours savant. D'autre part, *dire c'est aussi répéter* dans la mesure où l'acte d'énonciation est toujours une réactualisation d'un ensemble d'énoncés qui lui préexistent. Cet ensemble dépend à son tour d'autres énoncés, et ainsi de suite. Par conséquent, dire engage la reprise de régularités discursives plus ou moins profondes et constantes : comprendre et cartographier ces régularités est donc un enjeu fondamental pour qui veut saisir la singularité d'un événement énonciatif. C'est la raison pour laquelle nous mettons en œuvre une *archéologie* du concept d'Anthropocène : elle consiste précisément à décrire et analyser les régularités qui rendent possible son énonciation qui les réactualise en s'effectuant.

Toute introduction à un travail doctoral doit montrer la pertinence de ses apports relativement aux travaux déjà existants. Cela permet de construire le problème auquel la thèse entend répondre et de reprendre ou de forger des outils en vue de cet objectif. Cependant, dans notre cas, nous devons suivre une route inhabituelle car les études portant sur le concept d'Anthropocène font partie de la construction du problème que nous souhaitons mener à bien.

En effet, nous devons montrer comment le concept d'Anthropocène a pu constituer un événement énonciatif pour les acteurs qui s'en sont emparés, pour ensuite questionner ce statut. Par conséquent, nous commençons cette introduction générale par un rapide survol purement chronologique de la circulation de la notion d'Anthropocène, qui inclut donc la littérature le prenant pour objet d'étude. Cela nous permet d'expliquer les raisons qui nous ont conduit à adopter la forme que prend le présent travail et d'exposer notre problématique générale. Ensuite seulement, nous exposons nos outils théoriques et la structure générale de la thèse.

Circulation de la notion d'Anthropocène

L'Anthropocène dans les sciences du « système Terre »

Utilisé de manière informelle dès les années 1980 par un nombre restreint de spécialistes de ce qu'il est convenu d'appeler les sciences du « système Terre » (SST), le terme « Anthropocène » apparaît sous sa forme écrite en 2000 dans la revue de l'International Geosphere-Biosphere Program (IGBP). L'article qui le définit pour la première fois est alors signé par le microbiologiste Eugene Stoermer et le chimiste de l'atmosphère Paul Crutzen⁴. Cependant, seul Crutzen continue de publier à ce sujet et d'autres acteurs, dont Will Steffen, directeur de l'IGBP à cette époque, s'y associent au fil des publications. La notion d'Anthropocène connaît alors, et ce pendant la quasi-totalité de la décennie 2000, une première phase de circulation importante mais relativement restreinte au milieu des SST. Le terme est alors utilisé dans des registres variés, mais Crutzen et Steffen sont les deux principaux acteurs à donner des définitions explicites au fil de plusieurs articles qui défendent sa pertinence politique et scientifique, tout en composant des alliances littéraires.

Si la définition du terme « Anthropocène » subit au cours de cette décennie plusieurs évolutions, contentons-nous pour le moment d'en relever la formulation générale qu'en donnent les auteurs dans l'article de référence qui paraît en 2011 et qui, depuis le début, n'a pas subi de changements substantiels :

⁴ P. J. CRUTZEN et E. STOERMER, « The Anthropocene », *Global Change: IGBP Newsletter*, n° 41, mai 2000, p. 17-18

Le terme « Anthropocène » suggère : (i) que la Terre est en train de sortir de son époque géologique actuelle, nommée Holocène et (ii) que l'activité humaine est largement responsable de cette sortie, autrement dit, l'humanité est devenue une force géologique globale en tant que telle⁵.

C'est seulement entre 2007 et 2008 que le concept d'Anthropocène est amplement repris dans d'autres milieux de recherche, alors que ses réappropriations en dehors du milieu des SST restaient jusque-là le fait d'individus particuliers. En 2008, paraît un article s'interrogeant sur la pertinence de l'Anthropocène pour la géologie dans la revue de vulgarisation de la société états-unienne de géologie *GSA Today*. A la suite de cette publication, un groupe de travail est fondé en 2009 au sein de la Commission internationale de Stratigraphie, institution en charge de la ratification des unités du temps géologique. L'Anthropocene Working Group (AWG) est ainsi mis en place, présidé par le géologue britannique Jan Zalasiewicz. Or l'article de *GSA Today* est davantage cité dans la presse que les publications précédentes de Crutzen et Steffen, ce qui se traduit également par une plus importante circulation dans les autres milieux académiques. Ces deux événements semblent avoir grandement importé dans le devenir de la notion d'Anthropocène⁶.

La notion diffuse d'abord lentement au sein de la géologie avant d'être reprise en dépit (ou en raison) de son caractère controversé dans les années 2010. Il n'y a aucune mention de l'Anthropocène dans les Congrès internationaux de géologie de 2000 et 2004 mais le terme figure une fois en 2008 à Oslo, deux fois en 2012 à Brisbane et cinq fois en 2016 à Cape Town, où pour la première fois une session de travail lui est dédiée. En 2012, apparaissent trois revues académiques portant explicitement sur l'Anthropocène : *The Anthropocene Review*, revue interdisciplinaire liée à l'AWG ; *Elementa*, une revue états-unienne centrée sur les sciences du « système Terre » ; et enfin *Anthropocene*, revue interdisciplinaire états-unienne. Également en 2012, l'ultime chapitre de *The Geological Time Scale*, ouvrage de référence de géologie, destiné tant aux chercheurs qu'aux étudiants, est consacré à la question de l'Anthropocène⁷, puis en 2015, un numéro du journal *Quaternary International* définissant formellement la stratigraphie du Quaternaire inclut un article de Zalasiewicz et ses collègues. Si cet article ne définit pas formellement l'Anthropocène, il expose les exigences et les problèmes liés à cet exercice⁸.

⁵ W. STEFFEN *et al.*, « The Anthropocene: Conceptual and Historical Perspectives », *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 369, n° 1938, mars 2011, p. 843

⁶ Toutefois, il ne faut pas sous-estimer le travail de préparation que celles-ci ont effectué.

⁷ J. ZALASIEWICZ, P. J. CRUTZEN et W. STEFFEN, « The Anthropocene », dans F. M. Gradstein (éd.), *The Geologic Time Scale 2012*, Amsterdam ; Boston, Elsevier, 2012, p. 1033-1040.

⁸ J. ZALASIEWICZ *et al.*, « When did the Anthropocene Begin? A Mid-Twentieth Century Boundary Level is Stratigraphically Optimal », *Quaternary International*, vol. 383, 5 octobre 2015, p. 196-203 ; M.

Durant les années 2010, de nombreux acteurs proposent leur propre définition de l'Anthropocène en fonction de critères jugés plus ou moins discutables sur le plan stratigraphique (Tableau 1). Ces définitions reposent sur des cadrages temporels aussi variés que les critères qui sous-tendent ces différentes propositions.

Publication		Commencement	Hypothèse
Glikson	2013	>1.8 Ma AA	Régime carné
Doughty <i>et al.</i>	2010	13,800 AA	Extinction de la mégafaune
Smith & Zeder	2013	11,700 AA	Domestication et agriculture
Ellis <i>et al.</i>	2013	8000–5000 AA	Agriculture et déforestation
Ruddiman	2013	8000–5000 AA	Emissions CH ₄ et CO ₂
Certini & Scalenghe	2011	2000 AA	Anthropisation des sols
Lewis & Maslin	2015	1610	Colonisation des Amériques
Steffen <i>et al.</i>	2011	1750–1800	Industrialisation
Zalasiewicz <i>et al.</i>	2015	1945–1950	Bombe A et « Grande accélération »

Tableau 1 – Principales propositions pour le commencement de l'Anthropocène dans la littérature dite « scientifique » : géologie, géographie physique, climatologie, biologie. Ma : millions d'années. AA : avant aujourd'hui.

Cependant, la géologie et les SST restent les deux principaux domaines appartenant aux savoirs de la Terre à investir la notion d'Anthropocène, en dépit des appropriations de ce terme par d'autres disciplines. C'est beaucoup et peu à la fois. Beaucoup, car le champ des SST regroupe de très nombreux chercheurs – Steffen estime qu'en 2000 ils sont de l'ordre de dix mille⁹ – et de disciplines très variées, c'est-à-dire toutes celles pouvant s'évertuer à décrire, ou *a minima* être impliquées dans la description de la Terre comme système. Que la géologie ne soit pas incluse dans cet ensemble, il s'agit là d'une raison supplémentaire d'y voir un fait notable : c'est beaucoup que des géologues, pour lesquels l'échelle de temps pertinente se décrit en centaines de milliers d'années, et le plus souvent en millions d'années, s'intéressent scientifiquement à une telle idée. La prise en compte de la notion d'Anthropocène tient dans le même temps à peu de choses car les acteurs qui l'investissent véritablement, c'est-à-dire au niveau définitoire, constituent seulement un groupe réduit, relativement isolé dans la première décennie de son existence. Dans le champ des SST, les porteurs de la notion d'Anthropocène

WALKER, P. GIBBARD et J. LOWE, « Comment on “When did the Anthropocene Begin? A Mid-Twentieth Century Boundary is Stratigraphically Optimal” by Jan Zalasiewicz et al. (2015), *Quaternary International*, 383, 196–203 », *Quaternary International*, vol. 383, 5 octobre 2015, p. 204-207

⁹ W. STEFFEN, « Entretien avec W. Steffen », entretien réalisé par P. de Jouvancourt, 21 mars 2018

se résumant surtout à Crutzen et Steffen – les autres en sont plutôt des usagers¹⁰. Bien que le climatologue états-unien William Ruddiman ouvre une controverse à propos du commencement de l'Anthropocène dès 2003, il n'y a guère que dans les années 2010 que celle-ci se développe, impliquant davantage d'acteurs¹¹. Du côté des géologues, il faut se garder d'hypostasier un nombre restreint d'individus en une profession s'exprimant d'une même voix : nous montrerons en effet que le travail a été, et reste, hautement controversé autant dans leur discipline que vis-à-vis des regards extra-disciplinaires.

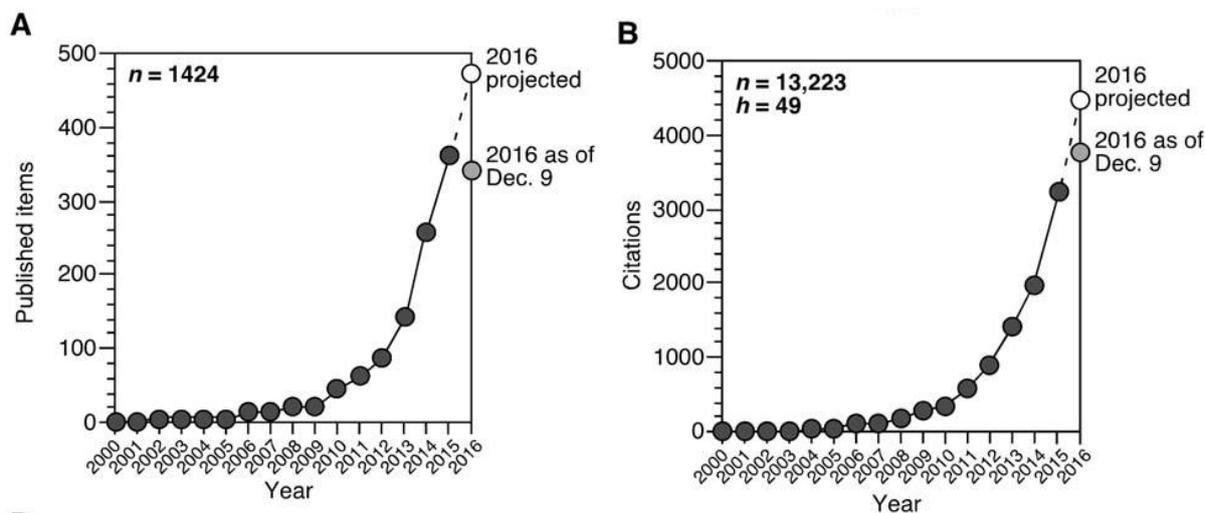


Figure 1 – Evolution de (A) l'usage du terme « Anthropocène » dans un titre, un abstract ou le corps d'un article de la littérature scientifique et (B) du nombre de citations de ces travaux. Données et graphiques repris d'un article de 2017 signé par Zalasiewicz et ses collègues, qui construisent leur analyse à partir de la base de données Scopus¹².

Quoi qu'il en soit, la notion d'Anthropocène a largement circulé dans les milieux scientifiques (Figure 1). L'évolution de la littérature montre que, à tout le moins, l'usage du terme « Anthropocène » reste limité jusqu'en 2009 : ce n'est, approximativement, qu'à partir de cette année que plus de 50 articles scientifiques contenant ce terme (titre, résumé, ou corps) paraissent chaque année dans le monde (Figure 1-A). L'envolée spectaculaire de l'usage du terme se produit surtout après 2012, avec une croissance d'allure exponentielle pour les années suivantes. Le fait que le nombre de citations de ces articles suive la même évolution tend à

¹⁰ Ici le terme de porteur renvoie au rôle d'énonciateur dans des milieux d'énonciation plus ou moins favorables, voir F. CHATEAURAYNAUD, *Argumenter dans un champ de forces : essai de balistique sociologique*, Paris, Pétra, 2011, p. 120.

¹¹ D'autant que la question qu'introduit Ruddiman, avec d'autres, porte souvent moins sur la définition de l'Anthropocène *per se* que sur la paléoclimatologie de l'Holocène et l'importance des activités humaines pour celles-ci.

¹² J. ZALASIEWICZ *et al.*, « Making the Case for a Formal Anthropocene Epoch: An Analysis of Ongoing Critiques », *Newsletters on Stratigraphy*, vol. 50, n° 2, 1^{er} avril 2017, p. 205-226

montrer qu'il s'agit d'un processus d'accroissement d'un espace de communication et moins de l'effet d'un article isolé, introduisant un terme nouveau, et qui serait abondamment repris (Figure 1-B). Dans le but de fournir un aperçu plus large, nous avons mené une recherche similaire à celle que montre la Figure 1-A jusqu'en 2020 : les résultats confirment clairement l'évolution générale (Figure 2).

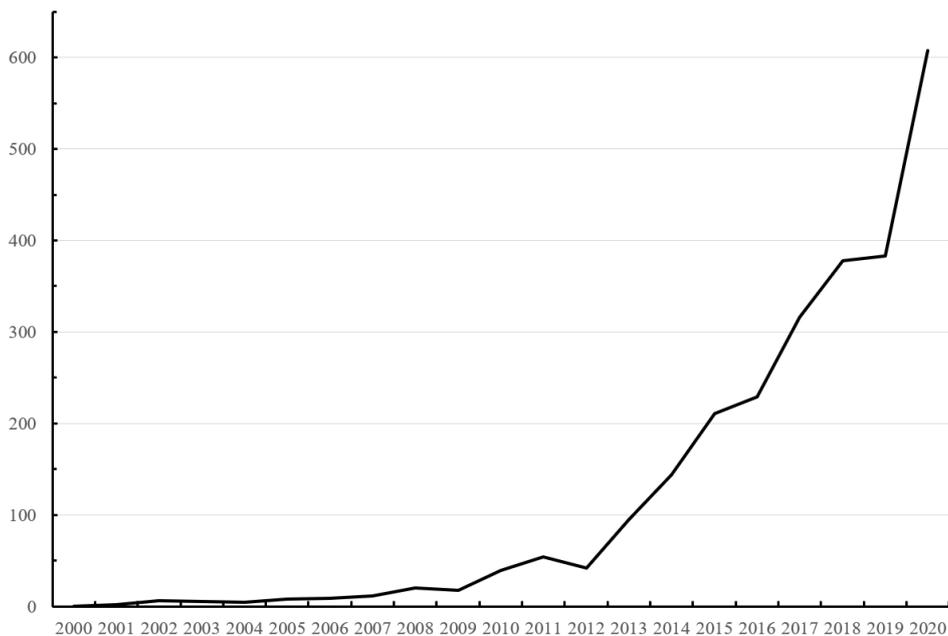


Figure 2 – Evolution du nombre annuel d'articles contenant le terme « Anthropocène » dans un titre, un abstract ou le corps d'un article issu d'une revue périodique à comité de lecture, toutes disciplines confondues. Les données sont construites à partir du moteur de recherche Academic Search Premier, puisque nous n'avons pas eu accès à Scopus.

Ce processus opère dans les savoirs où la question du rapport entre l'action humaine et les milieux de vie constitue une préoccupation importante, sans pour autant être forcément centrale. La montée en visibilité de l'Anthropocène se poursuit dans les années 2010, notamment dans les grands congrès des savoirs de la Terre tels ceux organisés plusieurs fois par an par l'Union américaine des sciences géophysiques (Figure 3).

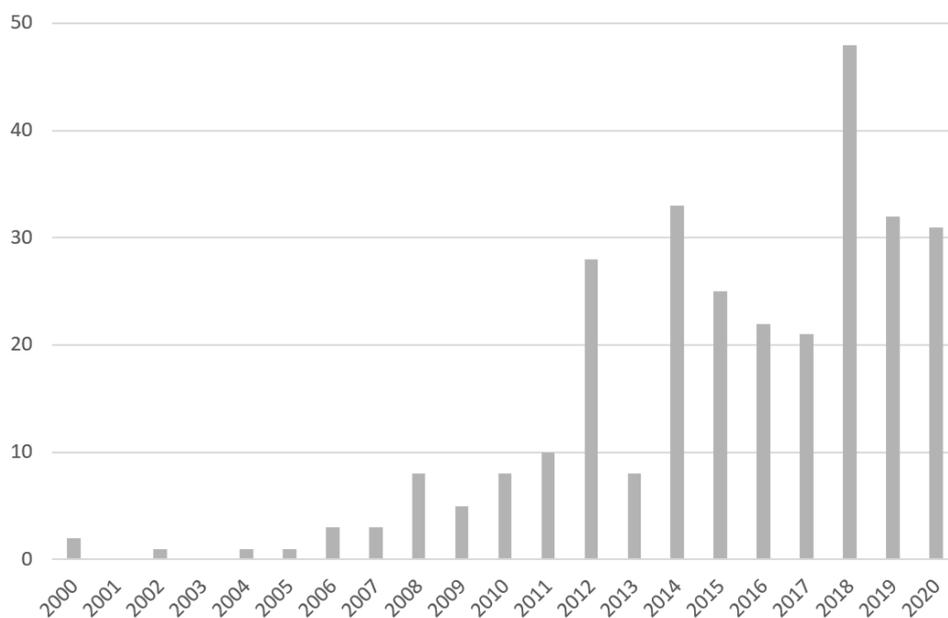


Figure 3 – Nombre d'occurrences dans les abstracts et titres de présentation ayant eu lieu dans le cadre des congrès organisés par l'American Geophysical Union (AGU) entre 2000 et 2017.

L'Anthropocène dans les sciences humaines et sociales

Qu'en est-il du parcours de la notion d'Anthropocène dans le champ des sciences humaines et sociales (SHS) ? Elle est bien utilisée par certains acteurs de ce domaine durant les années 2000. On trouve en effet, ici et là, des textes la mentionnant mais il ne se produit alors aucune émulation autour de celui-ci : le terme ne suscite aucun échange notable et sert principalement à qualifier l'influence humaine sur la Terre dans sa généralité¹³. En revanche, la tendance globale est similaire à celle des savoirs de la Terre : on assiste à une montée d'apparence exponentielle de l'usage du terme « Anthropocène » à partir des années 2010 à tel point que l'Anthropocène devient un véritable topos.

Bien qu'il soit risqué d'attribuer à une personne la circulation d'un terme pour tout un champ de discours, il est communément admis que l'article écrit par l'historien indien Dipesh Chakrabarty a ouvert tout un ensemble de discussions au sein des SHS. Alors que deux ans

¹³ On notera en France la présence ténue du terme « Anthropocène » très tôt dans les années 2000, dans P. CASEAU, « De la boucle ouverte « pression-Etat-réponse »... à la boucle complète « nature-société » », *Natures Sciences Sociétés*, vol. 10, n° 1, 2002, p. 80-84 ; J. BURNOUF *et al.*, « Le passé a de l'avenir : premier bilan de l'appel d'offre « Histoire des interaction sociétés-milieux » et perspectives de recherche », dans T. Muxart *et al.* (éd.), *Des milieux et des hommes : fragments d'histoires croisées*, Paris, Elsevier Masson, 2004, p. 15-27. On notera aussi le rôle de Jacques Grinevald comme passeur de la notion en France, notamment via sa traduction commentée parue en 2007 dans la revue *Ecologie et Politique* P. J. CRUTZEN, « La géologie de l'humanité : l'Anthropocène », J. Grinevald (trad.), *Ecologie & politique*, N°34, n° 1, 2007, p. 141-148.

auparavant, l'article de l'historienne australienne Libby Robin, cosigné avec Steffen, traitant de l'apport de certains styles d'écriture historique pour un récit de l'Anthropocène (histoire globale, histoire universelle, histoire profonde), ne rencontre que peu d'échos¹⁴, le texte de Chakrabarty est vivement discuté. L'auteur présente les problèmes que pose, pour l'histoire générale, le rapprochement des temporalités humaines et géologiques et il y défend une thèse qui semble en contradiction avec ses positions critiques de la modernité et de l'histoire écrite en Occident, caractéristiques du courant des études post-coloniales auquel il appartient¹⁵.

Bonneuil	2012	Lorimer	2009
Bourg	2010	Malm	2014
Castree	2010	McNeill	2007
Chakrabarty	2009	Moore	2014
Descola	2015	Oreskes et Conway	2013
Edwards	2016	Sloterdijk	2011
Fressoz et Locher	2010	Stengers	2013
Hamilton	2013	Swyngedouw	2011
Haraway	2010	Tsing	2009
Hornborg	2011	Viveiros de Castro	2014
Latour	2010		

Tableau 2 – Date de première mention du terme « Anthropocène » dans le titre ou dans le corps d'un texte auprès de 21 acteurs appartenant au champ des SHS.

De facto, une série importante d'acteurs du champ des humanités environnementales mentionne pour la première fois le terme « Anthropocène » après 2008, c'est-à-dire après l'article publié par les géologues dans *GSA Today* (Tableau 2). L'Anthropocène comme énoncé est d'abord communément explicité : « terme géologique démesuré mais terriblement précis désignant l'époque des humains » chez Haraway ; Chakrabarty introduit le terme en soulignant que les « humains [...] sont devenus un agent géologique sur la planète » ; la « domination humaine » est reconnue par le terme « Anthropocène » pour l'anthropologue Anna Tsing et ses collègues ; y voyant un « frappant néologisme », Latour précise que le terme « Anthropocène », est cette « ère géologique récemment baptisée [dont] la Révolution Industrielle et ses conséquences ont sonné le coup d'envoi »¹⁶. Cependant, les textes académiques adoptent

¹⁴ L. ROBIN et W. STEFFEN, « History for the Anthropocene », *History Compass*, vol. 5, n° 5, août 2007, p. 1694-1719

¹⁵ D. CHAKRABARTY, « The Climate of History: Four Theses », *Critical Inquiry*, vol. 35, n° 2, 1^{er} janvier 2009, p. 197-222. Pour les positions de l'auteur sur le discours historique européen, voir : D. CHAKRABARTY, O. RUCHET et N. VIEILLECAZES, *Provincialiser l'Europe : La pensée postcoloniale et la différence historique*, Paris, Editions Amsterdam, 2009

¹⁶ D. HARAWAY, « When Species Meet : Staying with the Trouble », *Environment and Planning D:*

rapidement ce terme comme syntagme du langage commun, statut qui dispense ses usagers d'en expliciter le sens – mais qui permet de signaler le champ de problèmes dans lequel le discours s'inscrit. Derrière cet usage langagier se loge divers lieux de controverse mettant à jour les multiples désaccords qui travaillent le champ des humanités, tout en le faisant discourir. Nous regroupons ces lieux en deux principaux sites.

Le premier site a sans doute accaparé la plus grande part des discours anthropocéniques. Le concept d'Anthropocène, comme le relève en 2009 Chakrabarty, vient questionner les catégories communes des humanités mais surtout s'adresse en droit à toute tradition disciplinaire qui fait du rapport historique entre l'activité humaine et le devenir de ses conditions d'existence un de ses sujets d'intérêt. Ce faisant, de nombreux acteurs des SHS ont pris à bras le corps le concept d'Anthropocène en l'interrogeant en tant que candidat à leur propre lexique, c'est-à-dire en la soumettant à une véritable critique disciplinaire. Critiques féministes, marxistes, postcoloniales, psychanalytiques, anthropologiques, sociologiques, historiques, etc. ; parfois intenses, ces controverses ont produit, comme par fissuration du noyau sémantiquement très lourd que recouvrait le terme « Anthropocène », un nombre important de termes alternatifs. « En résumé, note le géographe Jamie Lorimer, la provocation idéologique de la proposition d'Anthropocène [...] semble avoir ravivé les discussions concernant des politiques environnementales à l'intérieur et autour de l'université¹⁷. »

Les controverses engagées par les milieux académiques portent également sur les débuts effectifs de l'Anthropocène en tant qu'unité du temps historique. D'un même mouvement, ces échanges concernent l'interprétation politique des processus à l'œuvre dans l'avènement de la nouvelle époque géologique. Ainsi la diversité des termes élaborés au contact de ou en réaction à celui d'Anthropocène témoigne non seulement de l'engagement et de la vitalité intellectuelle qu'il a suscités, mais surtout de la multiplicité des acteurs qu'il peut concerner, des problèmes qu'il est susceptible de soulever ainsi que des façons dont il a pu être entendu (Tableau 3).

Society and Space, vol. 28, n° 1, février 2010, p. 54 ; D. CHAKRABARTY, « The Climate of History », *op. cit.*, p. 209 ; J. PRETTY *et al.*, « The Intersections of Biological Diversity and Cultural Diversity: Towards Integration », *Conservation and Society*, vol. 7, n° 2, 2009, p. 103 ; B. LATOUR, « An Attempt at a “Compositionist Manifesto” », *New Literary History*, vol. 41, n° 3, 30 décembre 2010, p. 480

¹⁷ J. LORIMER, « The Anthro-scene: A Guide for the Perplexed », *Social Studies of Science*, vol. 47, n° 1, février 2017, p. 9

Agnotocène	Émergence du principe d'externalisation économique des dégâts environnementaux
Androcène	Époque caractérisée par la domination systématique du genre masculin
Anglocène	Emissions historiques de CO ₂ par l'empire britannique
Anthropobscène	Exploitation capitaliste de la Terre
Anthropocène	Conséquences géologiques des activités humaines en général
Capitalocène	Émergence du capitalisme
Chthulucène	Apprendre à vivre et parler avec la multiplicité des temporalités et des êtres
Hellocène	Temps de l'enchaînement des catastrophes dues au réchauffement climatique
Industrialocène	Émergence des sociétés industrielles
Machinocène	Émergence de la machine comme outil central de production
Manthropocène	Persistance du système patriarcal
Mégalocène	Avènement des grandes infrastructures et des organisations politiques afférentes
Occidentalocène	Avènement de la domination des valeurs et des cultures occidentales dans le monde
Pathocène	Époque caractérisée par la dimension pathologique de l'action humaine
Phagocène	Émergence de la consommation de masse
Phonocène	Ère des sons de la Terre
Phronocène	Rapports de la réflexivité sociale avec l'agir industriel
Plantatiocène	Émergence des plantations en vue du commerce colonial
Polémocène	Ensemble des critiques de l'industrialisation
Pyrocène	Époque historique caractérisée par les méga-feux
Technocène	Émergence de la technique comme mode de relation majeur au monde
Thanatocène	Déploiement des technologies et des rapports au territoire liés à la guerre
Thermocène	Émergence de l'usage des moteurs thermiques et des combustibles fossiles

Tableau 3 – Liste non-exhaustive des termes formés ou utilisés par des acteurs du champ des SHS et de la philosophie en réponse à la circulation de la notion d'Anthropocène.

Il découle de cet ensemble au moins trois positions. Premièrement, opposer au terme « Anthropocène » une alternative qui viendrait la remplacer, avec son propre découpage historique (Industrialocène, Capitalocène, Mégalocène, etc.). Deuxièmement, insister sur l'avènement des changements écologiques sans assigner une causalité strictement explicative du changement d'époque (Anglocène, Phagocène, Phronocène, etc.). Enfin, troisièmement, proposer ou invoquer des modes de relation au monde qui impliquent d'autres catégories, d'autres entités, d'autres temporalités que celles que suppose le terme « Anthropocène » – il s'agit surtout ici du Chthulucène que propose Haraway¹⁸. En dépit de cette diversité, se détache une position largement partagée voire consensuelle, quoique plus ou moins exigeante, selon

¹⁸ D. HARAWAY, « Symptôme, sf, embrouilles multispécifiques », dans D. Debaise et I. Stengers (éd.), *Gestes spéculatifs : colloque de Cerisy*, Dijon, Les Presses du réel, 2015, p. 42-72

laquelle le terme « Anthropocène » et surtout le récit mobilisant une humanité indifférenciée, pose un problème politique fondamental et une simplification outrancière des processus sociaux ou historiques qu'il entend désigner.

Un second site s'est développé autour de la question de la nature sous deux aspects qui, au fond, ne se sont que peu croisés. Ce site hérite de débats pré-existants mais que la notion d'Anthropocène a permis de reformuler¹⁹. Parallèlement aux enjeux politiques, les discours sur l'Anthropocène portent, pour une part non négligeable, sur les questions disciplinaires. Parce que le présent est interrogé à l'aune des changements environnementaux mondiaux, les pouvoirs des deux grands champs disciplinaires que sont les sciences de la Terre et les humanités sont à repenser. Relations d'exclusion, relations d'échanges conceptuels, relations agonistiques, relations institutionnelles : ce qui était, bien avant l'avènement de la notion d'Anthropocène, un sujet de prédilection du discours réflexif académique, s'en trouve alors intensifié. L'attention se porte alors sur les conditions sous lesquelles de nouveaux savoirs, ou de nouvelles manières d'agencer sciences de la Terre et sciences humaines, pour dépasser le « Grand Partage » entre les savoirs de la culture et ceux de la nature²⁰.

En plus de la fin de la « nature » sur le plan épistémopolitique, d'autres discours concentrent leur attention non plus sur les normes qui organisent la séparation des savoirs et l'organisation de leurs pouvoirs dans la cité, mais, beaucoup plus frontalement, sur ce que devient la relation entre la nature et l'humanité au moment où le terme « Anthropocène » semble sanctionner un changement dans l'équilibre des forces du monde. Les activités humaines devenant « une force de la nature », leurs conséquences s'étendant inexorablement sur les derniers lieux qui paraissaient autrefois soit relativement protégés soit hors d'atteinte, peut-on alors déclarer que « la nature est morte », non pas au sens épistémique mais au sens propre ? Le monde serait alors sous régence humaine, directe ou indirecte. Qu'elle soit celle des espaces ou des espèces sauvages, ou, plus générale et insaisissable à la fois, une *phusis* irréductible aux préhensions humaines, la figure de la nature est-elle alors ce qu'il s'agit de réhabiliter, de défendre, de restaurer, de valoriser ou bien – ce qui n'est pas toujours exclusif – ce dont il faut

¹⁹ W. CRONON (éd.), *Uncommon Ground: Rethinking the Human Place in Nature*, New York, Norton & Co, 1995

²⁰ A titre d'exemple on pourra consulter : N. CASTREE, « The Anthropocene and the Environmental Humanities: Extending the Conversation », *Environmental Humanities*, vol. 5, n° 1, 2014, p. 233-260 ; N. CLARK et Y. GUNARATNAM, « Earthing the Anthropos? From 'Socializing the Anthropocene' to Geologizing the Social », *European Journal of Social Theory*, vol. 20, n° 1, 1^{er} février 2017, p. 146-163 ; E. LÖVBRAND *et al.*, « Who Speaks for the Future of Earth? How Critical Social Science Can Extend the Conversation on the Anthropocene », *Global Environmental Change*, vol. 32, mai 2015, p. 211-218 ; M. A. MASLIN et S. L. LEWIS, « Anthropocene: Earth System, Geological, Philosophical and Political Paradigm Shifts », *The Anthropocene Review*, vol. 2, n° 2, août 2015, p. 108-116

faire le deuil ou parfois ce dont le deuil marque une méconnaissance de ses racines historiques²¹ ? S'agit-il d'assumer l'intervention humaine sur ses conditions d'existence terrestre, intervention qui a toujours existé, mais dont l'Anthropocène montrerait le caractère indiscutable ? Pour les tenants du *Manifeste Eco-moderniste* ou pour les défenseurs d'un « bon Anthropocène », la fin de la nature est donc ce que l'Anthropocène annonce tout en appelant une intervention assumée sur les conditions de vie qui ne soit pas en rupture avec les idéaux de progrès techniques de la modernité²².

Jusqu'ici, on s'est contenté d'évoquer les discours de recherche, académiques ou provenant des milieux intellectuels. Or l'envolée du terme « Anthropocène » ne concerne pas uniquement ce milieu restreint mais aussi plus largement le langage commun dans la mesure où, toujours au tournant des années 2000, il commence à fleurir sur les pages et les écrans de la presse et des maisons d'édition. A ce stade de l'enquête, il est possible d'ajouter à cet argument des appuis quantitatifs qui, s'ils possèdent des limites, permettent de capturer les tendances générales concernant la vascularisation du terme « Anthropocène »²³.

L'Anthropocène dans l'espace médiatique

Hors du contexte de la publication scientifique, l'évolution des entrées dans la presse nationale et extra nationale fournit un autre aperçu de l'évolution qu'il s'agit de capturer (Figure 4). En effet, il apparaît clairement que ce n'est qu'à partir de la deuxième décennie de ce siècle que le terme « Anthropocène » devient de plus en plus partagé, avec ce qui semble être une amplification à partir de 2013.

Bien entendu, une telle évolution dépend de la vie éditoriale d'un pays ou des revues les plus importantes qui rythment la façon dont les énoncés scientifiques, ou plus généralement ceux qui émanent de pratiques spécifiques, se transmettent hors de leurs périmètres habituels. Par exemple, rappelons qu'en France la collection « Anthropocène » aux Editions du Seuil, dirigée par Christophe Bonneuil, naît en 2013. La plupart des *opus* reprenant à leur compte le terme, il va sans dire que cet événement a sans doute beaucoup contribué à la circulation du

²¹ Pour une analyse approfondie du statut de la nature dans le contexte des débats contemporains ainsi qu'une position normative argumentée à ce sujet voir l'ouvrage très complet de Virginie Maris, V. MARIS, *La Part sauvage du monde : penser la nature dans l'Anthropocène*, Paris, Seuil, 2018. Voir également une présentation détaillée des enjeux concernant le statut de la nature dans C. LARRERE et R. LARRERE, *Penser et agir avec la nature : une enquête philosophique*, Paris, La Découverte, 2015

²² J. ASAFU-ADJAYE et al., « An Ecomodernist Manifesto », Breakthrough Institute, 2015

²³ Nous empruntons le terme de vascularisation à Bruno Latour, voir B. LATOUR, *L'Espoir de Pandore : Pour une version réaliste de l'activité scientifique*, D. Gille (trad.), Paris, La Découverte, 2007. Il sera mobilisé de manière plus précise et caractérisée dans la troisième partie.

terme « Anthropocène » dans ce pays. En retour, le fait qu'un éditeur grand public ait choisi ce terme signifie qu'il était alors suffisamment partagé pour nommer ainsi une collection sur les questions environnementales et que l'apparition de la collection « Anthropocène » aux éditions du Seuil a certainement joué un rôle dans la circulation publique du terme.

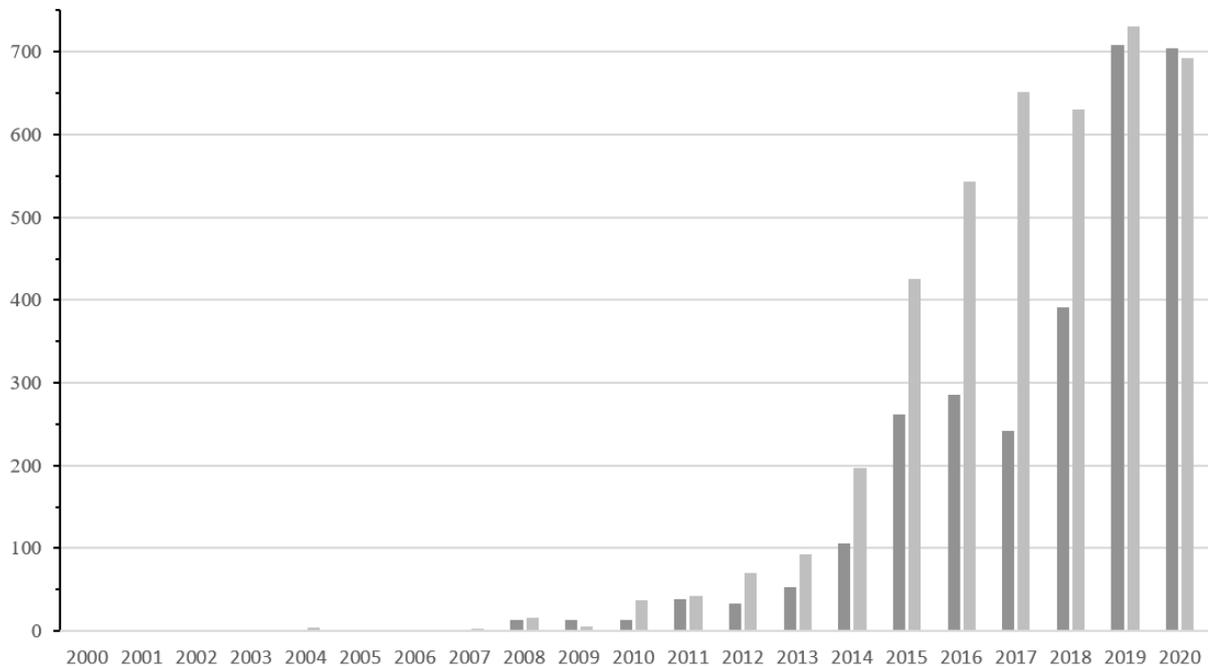


Figure 4 – Evolution annuelle des occurrences du terme « Anthropocène » entre 2000 et 2020 dans les presses de langue française (gris foncé) et anglaise (gris clair). Données obtenues via le moteur de recherche Europresse. Recherche indifférente à la casse, dans toute zone géographique (locale, nationale internationale) dans les quotidiens, hebdomadaires et mensuels, du 1^{er} janvier au 31 décembre de chaque année.

A ce titre, ce rapide panorama quantitatif peut être articulé à une lecture plus qualitative. Il faut remarquer premièrement que les articles signés par les acteurs des SST, et ainsi le terme « Anthropocène », circulent déjà dans les années 2000, mais sous la forme de rares évocations : l'article de Crutzen et Stoermer est mentionné dans *Le Figaro* et plus tard l'article de 2007 dans les colonnes du *Monde*²⁴. Dans cette même lignée, il semble que les propos des géologues aient suscité davantage de réactions puisqu'on les voit rapportés dans *Sciences et Avenir*, *La Recherche*, *Télérama* ou encore dans le *Times* et *Christian Science Monitor*²⁵. A partir du début des années 2010, le terme a suffisamment retenu l'attention pour

²⁴ Y. MISERY, « 8 000 ans d'influence humaine », *Le Figaro*, 30 décembre 2003, p. 8 ; C. GALUS, « La Terre, malade de l'homme », *Le Monde*, 21 juin 2004, p. 14 ; C. GALUS, « La Terre est entrée dans une nouvelle ère géologique : l'« anthropocène » », *Le Monde*, 9 janvier 2008, p. 8

²⁵ R. MULOT, « Bienvenue dans l'anthropocène ! », *Sciences et avenir*, 22 juillet 2009, p. 44 ; J.-O. BARUCH, « La bataille du Gélasién », *La Recherche*, 1^{er} mars 2008, p. 14 ; O. MOUSSELLARD-PASCAL, « Le jour où ça va péter », *Télérama*, 9 février 2008, p. 12 ; R. C. COWEN, « Has Earth Entered a New Epoch? What

occuper quelques « unes » de la grande presse, parmi lesquelles celle du célèbre hebdomadaire britannique *The Economist* qui titre ainsi : « *Welcome to the Anthropocene* »²⁶. En outre, en 2008 paraît un ouvrage des glaciologues Claude Lorius, Jean Jouzel et Dominique Raynaud dont un des chapitres développe la notion d'Anthropocène²⁷. Un peu plus tard, aux Etats-Unis, c'est le glaciologue états-unien David Archer qui publie un livre à propos de l'influence que l'humanité aura sur le climat dans les siècles à venir, qui mentionne le terme « Anthropocène », ou encore le journaliste Hervé Kempf qui l'emploie dans un essai²⁸.

Plus généralement, le monde de l'édition s'empare du terme « Anthropocène » entre 2013 et 2014, avec une envolée des titres le contenant dans la seconde moitié des années 2010 (Figure 5).

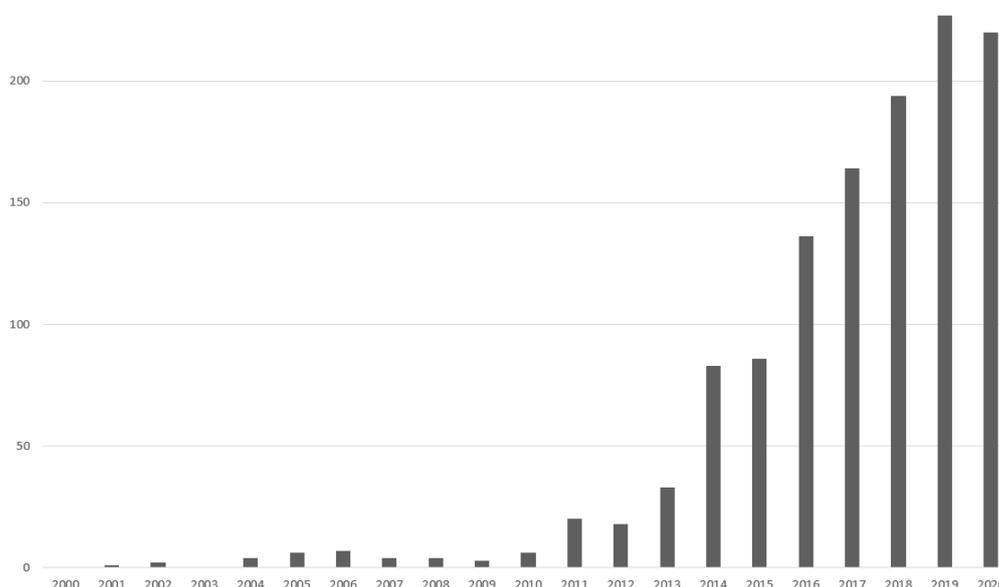


Figure 5 – Evolution annuelle du nombre d'ouvrages contenant le terme « Anthropocène » ou « Anthropocene » dans le monde entre 2000 et 2020. Chiffres obtenus à partir de WorldCat.

Le terme « Anthropocène » s'est également répandu de manière extensive dans d'autres médias. Plusieurs documentaires portent explicitement sur l'Anthropocène en tant que thème principal – et non pas sur les changements environnementaux mondiaux de façon

Geologists Think. », *Christian Science Monitor*, 7 février 2008, p. 17

²⁶ THE ECONOMIST, « Welcome to the Anthropocene », *The Economist*, 28 mai 2011, p. 13

²⁷ J. JOUZEL, C. LORIUS et D. RAYNAUD, *Planète blanche : les glaces, le climat et l'environnement*, Paris, O. Jacob, 2008 ; B. HOLMES, « Earth : The Comeback », *New Scientist*, 3 octobre 2009, p. 32-35

²⁸ D. ARCHER, *The Long Thaw: How Humans are Changing the Next 100,000 Years of Earth's Climate*, Princeton, Princeton University Press, 2009 ; H. KEMPF, *Pour sauver la planète, sortez du capitalisme*, Paris, Seuil, 2009

générale. Il s'agit tout autant de documentaires d'auteurs, où l'enjeu esthétique est important, que des métrages destinés à un public plus large où les aspects pédagogiques et informatifs priment²⁹. Quoi qu'il en soit, le fait même d'employer le terme « Anthropocène » révèle que, tout comme il existe des documentaires sur l'énergie noire et la masse manquante de l'univers, son destin dépasse largement les milieux de spécialistes ou d'érudits.

Bien qu'une étude de la diffusion du terme « Anthropocène » ne soit pas à proprement parler notre objet, observons que quelque chose semble avoir changé en une décennie. Il n'est pas question de suggérer que ce sont en réalité les propos de ces divers acteurs (géologues ou glaciologues) qui seraient, du fait de leur sagacité ou de leur autorité, devenus audibles et encore moins qu'ils auraient mécaniquement provoqué l'adhésion à ce nouveau vocable. En effet, il est significatif que la proposition d'un prix Nobel de chimie, dont les travaux ont éclairé la déplétion de l'ozone atmosphérique, n'ait guère rencontré le même succès au cours de la plus grande partie des années 2000. On peut supposer que cela rencontre l'actualité environnementale de plus en plus brûlante : le quatrième rapport du GIEC paraît en 2007 puis en 2009 a lieu la COP19 à Copenhague ou encore en 2012 s'organise la conférence internationale RIO+20 visant à la fois à dresser le bilan d'une vingtaine d'années de négociations climatiques et à les relancer. Ce serait donc également sous l'influence de ces événements, qui viennent confirmer l'importance de l'enjeu climatique – sans toujours répondre aux espoirs qu'il avait suscités – que se transmettrait, comme pour chercher à qualifier le présent, ce vocable à travers des publications qui viennent l'anticiper ou au contraire l'éclairer après coup. La circulation du terme « Anthropocène » a ainsi partie liée avec la conjonction entre la répétition d'énoncés scientifiques dans des arènes d'énonciation de plus en plus variées, et d'autre part la dimension de plus en plus urgente des questions écologiques dans les divers espaces politiques.

²⁹ J. BAICHWAL, N. DE PENCIER et E. BURTYNSKY, *Anthropocene: The Human Epoch*, Documentaire, 2018, 87' ; S. BRADSHAW, *Anthropocene*, Documentaire, 2015, 97' ; A. OEY, *The Age of Mankind*, Documentaire, Vpro Documentary, 2017, 47' ; A. TAYLOR, *The Anthropocene : A New Age of Humans*, Documentaire, ABC, 2016, 27' ; J.-R. VIALLET, *L'homme a mangé la Terre*, Documentaire, 2019, 99' ; J. MONATH, *Anthropozän - Das Zeitalter des Menschen*, Documentaire, 2020, 4 épisodes, 132'

Construction du problème

Cartographie de la réflexivité anthropocénique

Cette thèse a débuté à la fin de l'année 2013, c'est-à-dire au moment où le concept d'Anthropocène commence à connaître un écho certain dans le champ des SHS tout en gardant de nombreux angles morts. Or, en l'espace de quelques années, le nombre de travaux concernant l'Anthropocène comme réalité historique, comme concept ou encore comme récit, a littéralement explosé. Cette tendance a pris une telle ampleur que l'historien de l'environnement Grégory Quenet a pu, dès 2017, introduire son article sur le rapport entre l'Anthropocène et le travail de l'historien par cette phrase révélatrice : « Tout n'a-t-il pas déjà été dit sur l'Anthropocène ? »³⁰. Cette incise a vertu de mise en garde. Tout d'abord, la croissance de la littérature sur l'Anthropocène, tant par l'amplitude que la diversité, a constitué une véritable épreuve pour cette thèse. Les années de recherche et d'écriture ont été marquées par une transition du discours anthropocénique (portant sur l'Anthropocène) qu'il faut souligner : d'un effort de compréhension des conséquences d'une notion qui importait encore trop peu, nous sommes passés à la surabondante prodigalité du discours. Mais ce passage n'a pas seulement trait à une évolution quantitative. Car la profusion du discours a aussi effacé l'effervescence ingénue des premières appropriations du concept d'Anthropocène, pour tourner ensuite son regard sur elle-même. Le discours anthropocénique possède ainsi *sa propre réflexivité* c'est-à-dire qu'il est à lui-même un objet de réflexion. A ce titre, les méta-analyses du discours anthropocénique sont particulièrement intéressantes, puisqu'elles permettent d'offrir un regard transversal sur les usages de la notion d'Anthropocène qui, en plus de mettre en relief une nouvelle fois la richesse du discours anthropocénique, informent la problématique générale de la thèse.

Concernant la division du discours anthropocénique selon les disciplines, le politologue Tero Toivanen et ses collègues discriminent quatre grandes catégories : l'Anthropocène géologique, dont la signification ne peut être déterminée que par la discipline compétente, la stratigraphie ; l'Anthropocène biologique, qui examine les changements actuellement éprouvés par la biosphère ; l'Anthropocène social qui rassemble les études mêlant

³⁰ G. QUENET, « L'Anthropocène et le temps des historiens », *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, vol. 72, n° 02, juin 2017, p. 267-299

processus sociaux et historiques en y impliquant des éléments d'ordres biologique et géologique ; et enfin « l'Anthropocène culturel » qui regroupe les productions spéculatives et les représentations à partir des trois champs précédents³¹. L'absence des sciences du « système Terre » dans cette cartographie donne une idée de l'extension des réappropriations de la notion d'Anthropocène.

A cette première approche, on peut ajouter une description en termes de narration, dans la mesure où tout propos sur l'effectuation historique de l'Anthropocène, quelle que soit sa provenance, véhicule un certain récit. Bonneuil découpe ainsi le discours anthropocénique en quatre formes narratives, chacune attachée à des valeurs spécifiques. Premièrement le récit naturaliste de l'Anthropocène met en scène une espèce humaine qui prend conscience récemment du bouleversement mondial qu'elle provoque, mais qui a la chance de trouver sur son passage une poignée de scientifiques et d'ingénieurs capables de les éclairer. Ensuite, le récit de la fin de la nature, qui parfois ouvre la perspective du « bon Anthropocène » (*good Anthropocene*), et qui assume l'intervention humaine d'ordre technologique à toutes les échelles du vivant afin de gérer la nouvelle époque ; puis un récit de fibre catastrophiste met en lumière les dangers fondamentaux de l'époque tout en tempérant les espoirs de solution. Enfin, Bonneuil repère un récit éco-marxiste, très critique à l'égard de l'usage de la catégorie d'une humanité indifférenciée, et pour lequel l'avènement de l'Anthropocène est indissociable de celui du capitalisme. Si ce récit peut en réalité correspondre à une catégorie de discours plus large que l'éco-marxisme, et inclure notamment les travaux post-coloniaux, il a pour originalité de mettre en valeur des structures sociales et économiques historiques précises³².

De manière orthogonale par rapport à ces deux cartographies, le discours anthropocénique a été analysé en fonction des problèmes et des thèses qu'il a formulé. Lorimer identifie cinq « anthro-scènes », c'est-à-dire des grandes problématisations dans lesquelles la question de l'Anthropocène est interprétée comme : un questionnement scientifique ; une façon de désigner un *zeitgeist* intellectuel ; une façon pertinente de désigner l'époque ; un lieu de « confrontation idéologique » ; une opportunité suscitant de « nouvelles ontologies » ; et enfin une invitation à la « science-fiction », au sens à la fois littéraire et de fabrication de fictions savantes tels que les simulations numériques³³. D'autre part, le philosophe Ben Dibley a

³¹ T. TOIVANEN *et al.*, « The Many Anthropocenes: A Transdisciplinary Challenge for the Anthropocene Research », *The Anthropocene Review*, vol. 4, n° 3, 1^{er} décembre 2017, p. 183-198

³² C. BONNEUIL, « The Geological Turn. Narratives of the Anthropocene », dans C. Hamilton, C. Bonneuil et F. Gemenne (éd.), *The Anthropocene and the Global Environmental Crisis*, London ; New York, Routledge, 2015, p. 17-31

³³ J. LORIMER, « The Anthro-scene », *op. cit.*

identifié sept grandes thèses portant sur la signification du concept d'Anthropocène : comme une époque ; comme une rupture de temporalité (historique et géologique notamment) ; comme une limite à la liberté telle que la modernité l'avait défendue ; comme l'expression nostalgique d'une fidélité au dualisme Humain/Nature ; comme façon d'annoncer un nouveau rapport aux conditions d'existence communes ; comme l'émergence d'un dispositif de pouvoir financier et technologique mobilisant des êtres aux échelles les plus variées ; comme un nouveau rapport à l'avenir³⁴.

De ces différentes manières de cartographier l'exubérante richesse du discours anthropocénique, nous pouvons conclure avec Lorimer que l'Anthropocène « a émergé comme un intense sujet de discussion à travers toute la gamme des disciplines académiques » et qu'il a « catalysé un [...] événement intellectuel : une bourrasque d'activités ayant de considérables conséquences ontologiques, épistémiques, politiques et esthétiques »³⁵. C'est précisément cet événement intellectuel que nous souhaitons dans ce travail interroger.

Le problème de la réflexivité environnementale

La description succincte de la circulation de la notion d'Anthropocène a fait ressortir que, tout en désignant un événement géologique, cette notion a *de facto* constitué elle-même un événement dans l'ordre des savoirs. Une partie importante de cet événement est le produit des SHS qui se sont emparées du terme « Anthropocène » pour interroger le sens de notre époque. Cet événement est le signe d'une appétence réflexive pour l'actualité, trait fondamental de la raison moderne au sens où l'analyse Foucault. Dans un célèbre texte, il décèle chez Kant la première apparition de la question de l'actualité en tant qu'objet explicite pour la pensée³⁶. Plutôt que de s'interroger sur ce qui « dans la situation actuelle, peut déterminer telle ou telle décision d'ordre philosophique », Kant se demandait ce qui « dans le présent, fait sens actuellement pour une réflexion philosophique »³⁷. En parallèle à la mise au jour des conditions de possibilité de la connaissance, Kant inaugure une ligne critique dont l'objet est de caractériser ce que serait une « ontologie du présent » qui est tout à la fois une « ontologie de nous-mêmes »³⁸. Ainsi, la seconde voie critique consiste à « problématiser sa propre actualité

³⁴ B. DIBLEY, « 'The Shape of Things to Come' : Seven Theses on the Anthropocene and Attachment », *Australian Humanities Review*, vol. 52, 2012, p. 139-153

³⁵ J. LORIMER, « The Anthro-scene », *op. cit.*, p. 1

³⁶ Emmanuel Kant, Réponse à la question « Qu'est-ce que les Lumières ? », 1984

³⁷ M. FOUCAULT, « Qu'est-ce que les lumières ? », dans *Dits et écrits II (1976 - 1988)*, Paris, Gallimard, 2001, p. 1499

³⁸ C'est dans la continuité de ce projet que Foucault situe ses travaux aux côtés de ceux de Hegel,

discursive », interrogée « comme événement dont elle a à dire le sens, la valeur, la singularité philosophique et dans laquelle elle a à trouver à la fois sa propre raison d'être et le fondement de ce qu'elle dit³⁹. »

En recevant la notion d'Anthropocène comme une interrogation portant sur les frontières épistémiques, ontologiques ou politiques de la modernité, les sciences humaines ont bien questionné cette « ontologie du présent » à l'aune de l'événement géologique, mais aussi le statut historique du discours qui s'évertue à le faire. Tout se passe comme si la notion d'Anthropocène avait fait prendre conscience non seulement d'un état de fait concernant le monde mais que, de surcroît, son apparition signifiait quelque chose d'inédit dans la manière dont la modernité se considérait elle-même. Ainsi, nous avons d'abord affaire à un premier niveau dans lequel la notion d'Anthropocène contribue à la *réflexivité géologique* au sens où elle explicite la dimension géologique de la praxis des sociétés qui l'énoncent. Mais, ce faisant, cette première réflexivité travaille à thématiser un autre niveau de réflexivité, dans lequel ce serait la modernité qui se verrait questionnée en elle-même. C'est pourquoi nous pouvons dire que le concept d'Anthropocène a été interprété comme un *événement réflexif de la modernité* : un événement au cours duquel il s'agissait de repenser, précisément, ses fondements et sa raison d'être.

La notion d'Anthropocène est devenue objet d'intérêt pour les humanités par plusieurs voies : comme candidate à la périodisation historique, comme manière d'interroger les frontières disciplinaires, comme signal d'une rupture des cadres généraux de nos représentations du monde, comme proposition appelant une définition compétente (archéologie, géographie, histoire, etc.). Si l'usage de la notion s'accompagne souvent de précautions bienvenues (contextualisation, modalisation)⁴⁰, elle se trouve majoritairement employée comme une manière d'énoncer un état du monde récemment révélé et dont il est urgent de penser les enjeux. Pris en lui-même, l'engouement suscité par la notion d'Anthropocène dit tout le crédit conféré au diagnostic épochal qu'elle énonce, à tel point qu'il existe très peu de catégories historiques conjuguant à la fois une telle portée épistémique (renommer au moins

Nietzsche, Weber et l'Ecole de Frankfort.

³⁹ M. FOUCAULT, « Qu'est-ce que les lumières ? », *op. cit.*, p. 1499

⁴⁰ Ainsi, l'article de Chakrabarty, qui a été retenu pour avoir popularisé le terme « Anthropocène » dans les SHS, en spécifie-t-il l'origine tout en précisant le caractère incertain, le contextualisant dans l'histoire de la géologie, en problématisant les conséquences politiques, historiques et historiographiques. D. CHAKRABARTY, « The Climate of History », *op. cit.*. Voir pour l'effort de contextualisation de l'auteur : *Ibid.*, p. 208-210. Témoignant peut-être de l'effet produit par les STS dans les pratiques discursives académiques, une partie importante des acteurs des SHS ont ainsi fait montre d'une réflexivité épistémique dans leur maniement de la notion d'Anthropocène allant jusqu'à contester, *via* les nombreuses critiques de l'*anthropos* de l'Anthropocène, si ce n'est la légitimité, du moins l'exactitude du mot autant que du récit qui en émanait des sciences.

l'histoire de l'industrialisation sous un même terme tout en désignant un événement dans l'histoire de l'humanité sans précédent) et une adhésion aussi large et rapide quant à sa thèse fondamentale (les activités humaines sont telles que les cadres connus de l'expérience collective en seront bouleversés).

En outre, les nombreuses critiques qui lui ont été adressées, loin d'offrir un contrepoint, viennent au contraire étayer le présent argument : la dénonciation de l'universalisme de l'*anthropos* de l'Anthropocène, de l'occultation des inégalités de classe, de genre, d'écologie, des méprises sur l'histoire politique, technique, coloniale, etc. ; ces dénonciations s'accompagnent dans le même geste du redoublement de l'impératif de comprendre ce qui est nommé par la notion d'Anthropocène et sa façon de cadrer et thématiser les changements écologiques à l'échelle mondiale : un bouleversement historique des conditions géo-écologiques connues par l'humanité. Ainsi en est-il des historiens Christophe Bonneuil et Jean-Baptiste Fressoz qui, tout en présentant une critique du récit standard de l'Anthropocène et une contextualisation de son émergence, et tout en multipliant les contre-récits éclairant chacun sous un jour singulier l'histoire que recouvre le terme « Anthropocène », prennent non seulement au sérieux le diagnostic général que recouvre la notion d'Anthropocène mais le multiplient, tentent de l'équiper d'une dignité disciplinaire et ainsi, font de l'émergence de cette notion *un événement dans l'histoire des catégories du savoir historique*⁴¹.

Or la manière dont la notion d'Anthropocène fait événement et l'interprétation de ce qu'elle fait à la modernité arrive au moment où apparaît une remise en question historiographique du statut historique des énoncés environnementaux, comprenant les savoirs, les critiques et les alertes portant sur les conséquences de l'agir technique et industriel de la modernité. Pour saisir ce point tout à fait crucial, il nous faut ressaisir la lecture courante de l'histoire de la réflexivité environnementale, très souvent comprise comme une réflexivité tardive.

En effet, on situe souvent l'origine des préoccupations collectives au sujet de l'environnement durant les années 1960, notamment suite à la publication de *Printemps silencieux* (1962). Ainsi pour Catherine Larrère, même si de nombreuses sociétés « [...] au cours des temps, ont été confrontées à des problèmes d'environnement et menacées de disparaître », « [...] c'est dans la deuxième moitié du vingtième siècle que ces problèmes ont pris une dimension globale, affectant la terre entière et mettant en danger l'avenir de l'humanité. » Cette « nouvelle étape du souci environnemental » est jalonnée par des étapes

⁴¹ C. BONNEUIL et J.-B. FRESSOZ, *L'Événement Anthropocène : la Terre, l'histoire et nous*, Paris, Seuil, 2016

clés : publication de *Silent Spring* (1962), du rapport *Limits to Growth* sous commande du Club de Rome (1972), organisation du Sommet de Stockholm en 1972 jusqu'au Sommet de Rio de 1992 et création dans le même temps de la plupart des ministères, et autres institutions gouvernementales dédiées aux questions afférentes⁴².

Décrivant la « genèse de la conscience écologique », Dominique Bourg constate quant à lui la nouveauté de l'après-guerre. Ces années seraient porteuses d'idées et de dénonciations « nouvelles » (altération de la planète, épuisement des ressources, critique du progrès, de la technique, de la croissance) : « Les grandes conférences internationales sous l'égide de l'[ONU], de la première grande conférence intergouvernementale organisée en 1968 par l'Unesco sur l'utilisation et la conservation de la biosphère au sommet de la Terre en juin 1992 à Rio en passant par la conférence de Stockholm en 1972, viendront les relayer⁴³. » Si les « premières mises en lumière de la crise écologique sont le fait de naturalistes » durant les années 1940 (Osborn, Vogt), « les choses vont s'accélérer au cours des années 1960 et 1970 » avec des écrits contribuant à la création d'institutions par leur résonance internationale (Carson, Commoner, Meadows, Dubos et Ward, Dorst, Odum, Lovelock)⁴⁴. Selon le philosophe John B. Callicott, si Leopold est un « prophète », c'est au début des années 1960 que « l'air industriel et la pollution de l'eau » deviennent « évidents » : les livres de Rachel Carson (1962) mais aussi de Stewart Udall (1963) ont « permis » une « validation de notre expérience collective environnementale », « ils marquent l'avènement populaire de la première vague de la crise environnementale⁴⁵. » On peut trouver une thèse similaire chez Dale Jamieson où des « héros des mouvements environnementaux contemporains » ont pour tâche de leur fournir un nécessaire « tissu d'inspiration »⁴⁶.

A côté du schème de la prise de conscience, se trouve celui de la réflexivité thématisée par la sociologie du risque. Selon Ulrich Beck, un de ses principaux initiateurs, le processus de modernisation a toujours engendré des « effets induits », mais il devient « réflexif », lorsqu'il « est lui-même objet de réflexion et problème » engendrant de profondes modifications institutionnelles et sociales. Ainsi, si les débordements industriels ne sont pas nouveaux pour

⁴² C. LARRERE, « Aux origines intellectuelles de l'écologie politique européenne : La question de la technique », *Revue Française d'Histoire des Idées Politiques*, N° 44, n° 2, 20 décembre 2016, p. 9. On pourra se reporter à d'autres textes véhiculant un récit similaire : C. LARRERE, « Les éthiques environnementales », *Natures Sciences Sociétés*, Vol. 18, n° 4, 2010, p. 405-413 ; C. LARRERE, « La nature a-t-elle un genre ? Variétés d'écoféminisme », *Cahiers du Genre*, n° 59, n° 2, 24 novembre 2015, p. 103-125.

⁴³ D. BOURG, « Le nouvel âge de l'écologie », *Le Debat*, n° 113, n° 1, Gallimard, 2001, p. 94

⁴⁴ *Ibid.*, p. 94-97

⁴⁵ J. B. CALLICOTT, *Thinking like a planet: the land ethic and the earth ethic*, New York, Oxford University Press, 2013, p. 268-269

⁴⁶ D. JAMIESON, *Ethics and the Environment: An Introduction*, Cambridge (GB) ; New York, Cambridge University Press, 2008, p. 22

Beck, « cette réalité a été méconnue tant on a été occupé à surmonter la pénurie » économique et sanitaire⁴⁷. La prise de conscience des risques liés à la civilisation, affirme Beck au milieu des années 1980, « il y a dix ans encore » était inconcevable, mais elle est devenue un facteur politique de premier ordre⁴⁸. Chez Beck, cette « conscience » ne se produit toutefois qu'à travers le prisme des énoncés normés par les sciences et l'expertise, qui, bien que pouvant être limités par de nombreux aspects, circulent dans l'espace social et peuvent être réappropriés par chacun et chacune dans son quotidien⁴⁹. D'autres sociologues ont décrit au cours des années 1990 et 2000 des transformations des sociétés modernes à l'aune du regard qu'elles portent sur leurs irréversibilités et les incertitudes qu'elles engendrent. Quoique la question environnementale y soit mineure, le récit de la montée en échelle des risques sert la promotion de nouvelles formes de rapports au savoir moins verticaux et moins dépendants de l'Etat⁵⁰. Des débats récents thématisent quant à eux la « réflexivité écologique » (*ecological reflexivity*) comme la manière dont les institutions sont capables de s'autoréformer en fonction de la situation géo-écologique nommée par la notion d'Anthropocène. Il s'agirait alors de penser des outils pour une « gouvernance » de l'Anthropocène. Ici, la notion de réflexivité ne comporte explicitement pas de thèse historiographique puisqu'elle se propose d'outiller le présent, cependant, elle présuppose les apports de la sociologie du risque⁵¹.

Comme l'ont souligné les historiens Christophe Bonneuil et Jean-Baptiste Fressoz, le récit de la réflexivité tardive efface l'histoire des controverses et des contestations socio-environnementales du passé⁵². Ce faisant, il regroupe des représentations de nature hétérogènes en un même mouvement de conscientisation : allant des mouvements sociaux aux accords internationaux en passant par une foule d'expériences et de rapports bigarrés. Ces représentations trouveraient ainsi une sorte d'unité par le fait d'être portées par des acteurs

⁴⁷ U. BECK, *La société du risque : Sur la voie d'une autre modernité*, L. Bernardi (trad.), Paris, Flammarion, 2008, p. 36-38

⁴⁸ *Ibid.*, p. 100

⁴⁹ *Ibid.*, p. 51. La question des pollutions n'est qu'une partie des « conséquences inattendues » de la modernisation, qui entraîne la « seconde modernité » ou la « modernité réflexive » : « La modernisation réflexive semble produire un nouveau genre de capitalisme, un nouveau genre de travail, un nouveau genre d'ordre global, un nouveau genre de société, un nouveau genre de nature, un nouveau genre de subjectivité, un nouveau genre de quotidien et un nouveau genre d'Etat » U. BECK, W. BONSS et C. LAU, « The Theory of Reflexive Modernization: Problematic, Hypotheses and Research Programme », *Theory, Culture & Society*, vol. 20, n° 2, 2003, p. 2-3

⁵⁰ A. GIDDENS, *The consequences of modernity*, Cambridge, Polity Press, 2008 ; H. NOWOTNY, P. SCOTT et M. GIBBONS (éd.), *The New Production of Knowledge: the Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, London, Polity Press, 2008

⁵¹ J. S. DRYZEK, « Institutions for the Anthropocene: Governance in a Changing Earth System », *British Journal of Political Science*, vol. 46, n° 4, Cambridge University Press, octobre 2016, p. 6 ; J. PICKERING, « Ecological Reflexivity: Characterising an Elusive Virtue for Governance in the Anthropocene », *Environmental Politics*, vol. 28, n° 7, 10 novembre 2019, p. 1145-1166

⁵² Cette critique sur l'effacement de l'historiographie a été menée notamment par Bonneuil et Fressoz dans C. BONNEUIL et J.-B. FRESSOZ, *L'événement anthropocène*, *op. cit.*

réputés conscients des enjeux qui, à travers des débats démocratiques, l'activisme éclairé, d'amples campagnes de sensibilisation produisent des régulations environnementales. Est ainsi mis en scène l'avènement d'une nouvelle période ou d'un changement social par la porte de la conscience au sens d'une *série de représentations (faits, notions, concepts, affects) enfin éclairées vis-à-vis des maux et des périls écologiques*. Il s'agit d'un récit d'une révélation, d'une mise en adéquation progressive, parfois hésitante et conflictuelle, des représentations à la réalité, dont il s'agit de tirer les conséquences.

Ainsi, en plus de l'aspect historiographique, le récit de la « prise de conscience » et de la réflexivité œuvre également à un niveau conceptuel : il identifie des modes de représentation historiquement réalisés à l'horizon d'une attente, celle d'une prise en charge politique ou éthique des problèmes. Dès lors, l'interprétation historique des conflits, des controverses, des institutions environnementales devient téléologique. Qu'elle consiste en la prise en compte de limites, en l'adoption d'une pensée « systémique », d'un paradigme de la « résilience », d'un accord juridiquement contraignant, ou qu'elles relèvent du développement de sciences horizontales et distribuées, cette interprétation présuppose déjà connues les conditions de la paix écologique, même si celle-ci est difficile à faire advenir. Autrement dit, ce récit occulte la différence entre la multiplication des savoirs, normes et institutions environnementaux après la Seconde Guerre mondiale et le fait que ce processus témoigne bien de l'avènement des conditions de possibilité de sociétés écologiquement vertueuses. Il identifie la question de savoir *comment se sont passées les choses* à celle de *dire en quoi les choses tendent vers un mieux*.

Or, il semble que tout se passe ainsi s'agissant de l'interprétation courante de la notion d'Anthropocène. Cette dernière serait au fond l'ultime étape conceptuelle nous faisant passer collectivement dans un genre de société où d'autres rapports au monde seraient possibles. L'événement « Anthropocène » ne serait donc pas seulement celui d'une modification profonde des conditions géologiques globales connues jusqu'ici, mais surtout une nouvelle manière de prendre conscience de nous-mêmes relativement à notre héritage historique, pour finalement se laisser la possibilité de tourner la page. Mais, précisément, notre problème est de savoir si la notion d'Anthropocène est bel et bien un événement au sens où cela a été compris dans sa réception, c'est-à-dire au sens d'un événement réflexif dévoilant de manière inédite l'extension temporelle et spatiale des conséquences de l'agir humain sur la planète. Ce problème peut se formuler sous la forme d'une question : dans quelle mesure exacte peut-on considérer l'énonciation de la notion d'Anthropocène comme un événement réflexif au premier sens d'une révélation sur l'agentivité géologique de l'humanité ? Cette question nous paraît fondamentale

dans la mesure où elle hypothèque la manière de lire l'histoire du rapport de la modernité à son monde, et, symétriquement, la manière dont sont posés les principaux enjeux de l'Anthropocène aujourd'hui.

Cette thèse questionne donc une des clés de lecture de l'actualité : celle d'une certaine innocence des modernes quant aux conséquences de leurs activités sur leurs conditions d'existence. Des travaux récents ont déjà remis en question cette lecture de la modernité en examinant les réflexivités environnementales du passé et mettant au jour la longévité des alertes, des savoirs, des critiques et des controverses portant sur les dangers des technologies et des processus industriels⁵³. Ainsi, nous souhaitons par là contribuer au champ d'enquête portant sur la réflexivité environnementale ouvert par ces travaux. Cette thèse se propose d'apporter une pierre à cet édifice en examinant un objet précis et délimité, à savoir le concept d'Anthropocène, à partir du problème de l'évaluation de la réflexivité moderne relative à l'influence humaine sur la Terre.

Cadre théorique et plan général

Comment évaluer le concept d'Anthropocène comme événement réflexif dans la modernité ? Une difficulté importante concerne le périmètre de l'objet : le concept d'Anthropocène n'a seulement que quelques années d'existence, comment en évaluer la portée réflexive dans une temporalité qui lui est antérieure et d'après quels critères ? A partir de quels domaines de savoirs et selon quel registre de discours l'aborder ? Quels outils conceptuels et quels cadres méthodologiques pouvons-nous nous donner afin de tenir ensemble un regard historique et une analyse de notre objet au contemporain ? Pour répondre à ces questions, nous souhaitons formuler une exigence générale concernant le statut de l'énonciation du concept d'Anthropocène, ce qui nous permettra d'introduire par la suite deux concepts principaux définissant notre cadre théorique.

⁵³ J.-B. FRESSOZ, *L'Apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique*, Paris, Seuil, 2012 ; C. BONNEUIL et J.-B. FRESSOZ, *L'événement anthropocène*, op. cit. ; F. JARRIGE et T. L. ROUX, *La Contamination du monde : Une histoire des pollutions à l'âge industriel*, Paris, Seuil, 2017 ; E. FUREIX et F. JARRIGE, *La modernité désenchantée : Relire l'histoire du XIXe siècle français*, Paris, La Découverte, 2015 ; S. AUDIER, *La société écologique et ses ennemis : une histoire alternative de l'émancipation*, Paris, La Découverte, 2017 ; S. AUDIER, *L'âge productiviste : Hégémonie prométhéenne, brèches et alternatives écologiques*, Paris, La Découverte, 2019 ; J.-B. FRESSOZ et F. LOCHER, *Les révoltes du ciel. Une histoire du changement climatique XVe-XXe siècles*, Paris, Seuil, 2020

Une exigence : résister à l'assignation

Tant a été dit sur l'Anthropocène – tant qu'en effet on pourrait dire « tout » – que la tentation est grande de renvoyer cette notion non pas à son insignifiance, mais au fait que sa sur-signification produirait un effet de non-signification. Tout dire pour que rien ne soit dit. Bernadette Bensaude-Vincent rappelle que les *buzzwords* « [...] ont un destin éphémère : ils sont dans toutes les bouches pour un temps, puis disparaissent et tombent dans l'oubli. Telles les chansons rengaines, ils marquent une époque et façonnent une culture. » Ce sont des carcans futiles, du prêt-à-penser jetable auquel on souscrit comme par effet de mode. « Innovation responsable », « acceptabilité sociale », « machines vivantes », « développement durable », tous ces termes allient imprécision et faculté de faire parler, processus qui les conduirait à se défaire de tout à-propos. Ils ne sont pas inutiles, leur vocation est politique : leur vertu est de « pacifier », répondre à ce qui frémit déjà dans les processus sociaux tout en les entraînant dans leurs ostensibles rets. « Le signal qu'ils délivrent n'est pas l'opposé du bruit, il réside dans le bruit, dans l'agitation qu'ils créent » conclut Bensaude-Vincent⁵⁴.

Compte tenu du panorama que nous avons présenté, on serait porté à conclure que le terme « Anthropocène » a tout pour appartenir à cette catégorie de *buzzword*. Deux attitudes en découlent alors. Soit consacrer ce statut de mot sans épaisseur et finalement sans véritable cohérence, et montrer en quoi celui-ci est au fond indigne d'intérêt ; soit au contraire choisir son camp, se défaire de l'opinion et, comme Bachelard le suggérait, lui opposer la négativité de la science, et montrer en quoi l'Anthropocène n'a qu'un périmètre de légitimité réduit qui seul est à même de délimiter toute enquête. Pour échapper à cette alternative infernale, est-il possible d'envisager un objet de recherche qui ne soit pas fendu en deux par ce rasoir épistémique ? Peut-on traiter d'un énoncé si partagé, si décrié et si célébré, si peu attaché à une pratique disciplinaire – bref, peut-on traiter d'un tel énoncé autrement que sur le mode du jugement, autrement que dans un *rapport d'assignation* à un régime de vérité ? Et pour quelles raisons envisager l'enquête sous le signe de cette échappatoire est-il requis, ou à tout le moins, intéressant ?

En tant qu'objet d'enquête, la notion d'Anthropocène apparaît à la fois appropriée pour l'histoire et la philosophie des sciences tout en s'y soustrayant. En tant qu'elle est le fruit du discours scientifique, historiquement celui des SST, il serait assurément tentant d'y déceler un foyer d'énonciation légitime qui aurait en quelque sorte la primauté de l'intérêt analytique sur

⁵⁴ B. BENSAUDE-VINCENT, « Le bourdonnement des technosciences. Réflexions sur quelques buzzwords », *Alliance*, n° 72, novembre 2013, p. 23-29

le reste des discours, considérés comme des déformations ou bien une sorte de vulgate. Ainsi, l'historien des sciences Jacques Grinevald et le philosophe Clive Hamilton insistent longuement sur la rupture épistémique introduite par les SST, qu'ils comparent à une « révolution scientifique » au sens de Thomas Kuhn, rendant le concept d'Anthropocène incommensurable avec tout « précurseur », proche ou lointain⁵⁵. Hamilton va plus loin en contestant les usages de la notion d'Anthropocène dans les autres domaines que les SST ou la géologie, et en proposant que le nom de « technosphère » soit substitué, au sein des humanités, à celui d'« Anthropocène »⁵⁶. Sébastien Dutreuil souligne quant à lui moins l'existence d'une telle rupture épistémique – même s'il met bien en évidence un style épistémique propre aux SST – qu'il n'essaie de montrer que l'on « ne comprend rien à l'Anthropocène si l'on prend trop au sérieux l'idée que ce concept a pour fonction de désigner une époque géologique, ou une ère, une période, peu importe : une partie de l'*histoire* de la Terre⁵⁷. » Regrettant qu'on ait « imposé » à la Commission internationale de stratigraphie (CIS) la formalisation géologique de l'Anthropocène, Dutreuil insiste sur le fait que ce concept s'inscrit dans un agenda institutionnel, celui de l'IGBP et de son successeur Future Earth, visant à intégrer l'action humaine dans les SST. Ainsi, entre l'Anthropocène comme notion inséparable du champ des SST et l'Anthropocène opérateur de communication politique, il existerait une *demande d'assignation*.

Cette demande d'assignation consiste à déterminer un espace d'appartenance privilégié de la notion d'Anthropocène afin de répondre à un certain nombre de problèmes à son sujet, soit dans son rapport au domaine d'énonciation (scientifique, politique, etc.) soit dans son rapport aux disciplines (géologie, sciences du « système Terre », histoire, etc.). L'assignation d'une appartenance permet à la fois de circonscrire un cadre légitime pour l'enquête mais aussi de disqualifier les caractérisations émanant d'autres savoirs ; que l'Anthropocène n'ait pas de fondement sanctionné par la communauté des géologues, permet d'en restreindre les interprétations ; qu'elle appartienne au discours scientifique permet de suspendre tout jugement estimé profane, etc. Mais est-ce seulement possible d'assigner une appartenance à la notion d'Anthropocène ? Peut-on établir une série de critères permettant d'évaluer ce qu'est une bonne façon de parler d'Anthropocène alors qu'il n'existe aucun

⁵⁵ C. HAMILTON et J. GRINEVALD, « Was the Anthropocene Anticipated? », *The Anthropocene Review*, vol. 2, n° 1, avril 2015, p. 59-72

⁵⁶ C. HAMILTON, « Getting the Anthropocene so Wrong », *The Anthropocene Review*, vol. 2, n° 2, 1^{er} août 2015, p. 102-107

⁵⁷ S. DUTREUIL, « L'Anthropocène est-il un concept d'histoire de la Terre ? », dans R. Beau et C. Larrère (éd.), *Penser l'Anthropocène*, Paris, Presses de Sciences Po, 2018, p. 355-374

fondement collectif assuré et explicite – une définition de l’Anthropocène adossée à une institution légitime – pour les établir ? Surtout, plus fondamentalement, *doit-on* ou, mieux, *est-il intéressant* de chercher de tels critères ? Prendre au sérieux l’Anthropocène comme événement énonciatif, n’est-ce pas précisément s’en affranchir ?

Tout d’abord, la notion d’Anthropocène débute son existence au sein d’un milieu de recherche non-légitime pour déterminer les unités du temps géologique (SST), mais qui en formule néanmoins des définitions à partir desquelles s’énonce, dans la littérature savante la plus légitime, ce changement géo-écologique, souvent comme une vérité actée et sanctionnée par le savoir disponible. Ensuite, l’on serait tenté de faire du travail réalisé par l’Anthropocene Working Group (AWG) et les géologues le site d’un travail scientifique authentique ; là enfin les compétences sanctionneraient ou non un concept donné *via* des procédures identifiables propres à la discipline en charge de définir les unités du temps géologique ; ce serait bien de ce point de vue qu’il faudrait alors se placer. Or, les membres de l’AWG se consacrent certes à une formalisation de l’Anthropocène mais sur un monde avant tout exploratoire servant à la discussion, en vue d’une stabilisation *pour la nomenclature stratigraphique et non pour la définition géologique*. Si la formalisation de l’Anthropocène devait aboutir, elle serait non seulement soumise à de fortes contingences mais ne serait par ailleurs guère destinée à faire taire et tarir les définitions concurrentes, à épuiser les sens possibles de l’Anthropocène même au sein des savoirs de la Terre⁵⁸. En effet, les géologues de l’AWG eux-mêmes insistent sur le fait qu’une définition stratigraphique de l’Anthropocène, même adoptée par l’ICS, ne flétrirait en rien d’autres éclairages ou d’autres définitions – le statut même de caractérisation stratigraphique n’établissant pas la signification définitive, géologique y compris⁵⁹.

Comme on l’a vu, du point de vue des SHS, l’Anthropocène est considéré comme un événement épistémique, en dépit des critiques qui lui sont adressées. En découlent des définitions et des problématisations en grande partie incommensurables avec celles que peuvent formuler les sciences du « système Terre » ou la géologie et rarement destinées à être intelligibles dans leur appareil épistémique. Que faire du Grand partage entre Nature et Culture, du fétichisme de la machine, de la montée du capitalisme, de la production d’ignorance, ou encore du gouvernement des opinions lorsqu’on est un acteur des SST ou un géologue ? Pour autant, ou plutôt précisément pour la réponse *a priori* qu’appelle cette question – à savoir « peu

⁵⁸ Voir les chapitres 20 et 21.

⁵⁹ J. ZALASIEWICZ, « Entretien avec J. Zalasiewicz », entretien réalisé par P. de Jouvancourt, 9 janvier 2018 ; J. ZALASIEWICZ *et al.*, « Making the Case for a Formal Anthropocene Epoch: An Analysis of Ongoing Critiques », *op. cit.*

de choses » –, peut-on à bon compte disqualifier ces propositions au titre qu'elles ne répondent pas aux divers critères disciplinaires permettant de parler d'Anthropocène ?

Ainsi la notion d'Anthropocène ne laisse aucun socle définitionnel ou disciplinaire sur lequel s'appuyer, tout en étant un événement pris au sérieux par de nombreux domaines de savoirs hétérogènes. Ce qui pose question alors n'est pas tant le rapport entre l'actualité scientifique et le jugement historique, dans la mesure où ce jugement peut dans certains cas pratiques s'avérer éclairant. Ce qui pose question c'est plutôt le fait qu'une approche épistémologique s'expose au risque de ne faire importer son objet que relativement à certaines normes scientifiques portant sur la différence entre domaines de savoirs, ou entre les savoirs et leur extériorité⁶⁰.

La notion d'Anthropocène serait-elle un *mauvais objet* pour l'histoire et la philosophie des sciences ? Quel statut accorder à cette notion qui ne semble sanctionnée par aucune institution, qui est portée par un nombre limité d'acteurs quoiqu'elle envahisse l'espace des revues les plus légitimes ? Que faire des normes épistémiques lorsqu'il s'agit de penser un concept qui n'en finit pas d'être réélaboré, qui échappe aux formes instituées de savoirs, qui se différencie au gré de son effectuation ? Se référer aux normes d'une institution ou d'une discipline scientifique c'est s'interdire de comprendre la genèse et le devenir de ce concept nomade. En outre, une autre forme de réduction guette dans l'assignation de la notion d'Anthropocène à des coordonnées politiques : soit en la suspectant de véhiculer des valeurs politiques *sous couvert* de scientificité, ou encore en se demandant comment celle-ci est *devenue politique* ou aurait été *réappropriée* comme telle. En effet, l'une et l'autre formule suppose une *origine* extrapolitique qui ne peut être établie.

Ainsi l'assignation à un domaine qui peut s'avérer commode dans de nombreux cas d'histoire conceptuelle devient ici inopérant et même gênant. La raison en est qu'on ne peut le prendre simplement pour *objet* au sens d'un énoncé stabilisé dont on exhiberait les conditions d'élaboration. C'est pourquoi la notion d'Anthropocène doit être saisie en cherchant à rendre compte de la variété des significations qu'elle déploie, à distance des normes disciplinaires instituées. Cependant, cet écart doit néanmoins s'accompagner d'une attention à la manière dont ces normes contribuent à lui conférer un sens.

⁶⁰ C'est ce problème que nous posons et non pas celui qui concerne le jugement d'un énoncé de savoir relativement aux normes internes qui définissent la validité des concepts à un moment donné, comme dans le cas, par exemple, de l'épistémologie historique.

Premier outil : l'archéologie foucaldienne

Comment honorer cette exigence d'une légitimité dispersée du concept d'Anthropocène tout en répondant à notre cadre problématique ? A ce stade, existe une tension analytique entre, d'une part, l'énoncé d'Anthropocène comme événement dans l'ordre des savoirs et, d'autre part, l'histoire des réflexivités dans lequel il s'inscrit. Or, c'est très précisément en nous appuyant sur la spécificité de notre objet que nous pouvons articuler ces deux plans. En effet, c'est parce que le concept d'Anthropocène relève d'un processus d'énonciation dispersé qu'il est plus facile d'articuler l'événement énonciatif aux régularités historiques qui se jouent dans ce processus.

La notion d'événement charrie une conception linéaire de l'histoire découpée en morceaux : l'événement serait en quelque sorte ce qui ferait rupture entre les époques, chacune correspondant à un segment de durée. Dès lors, saisir la notion d'Anthropocène comme événement pourrait s'apparenter à en montrer l'originalité à partir d'un rappel du passé et de ses filiations. Cette approche suppose ainsi la succession des moments historiques, mais rend par définition difficile de tenir ensemble des unités historiques qui ne se succèderaient pas mais qui seraient en coexistence. Or il nous semble que les énoncés, sans doute comme tous les êtres, supposent une coexistence vivante, actuelle, de processus enchevêtrés. En cela ils sont comme la veste de coton d'Adam Smith. Grand observateur des nouvelles manières de produire dans le capitalisme naissant, l'auteur de *La Richesse des nations* ouvre son ouvrage par une analyse de la division du travail humain. Commencant par détailler comment cette division produit des « progrès » dans les manufactures tout en vantant ses mérites⁶¹, Smith achève le premier chapitre par une description de la foule nécessaire à la réalisation d'une seule veste de coton, rassemblant une « innombrable multitude d'ouvriers » dont le nombre est « au-delà de tout calcul possible »⁶². L'élevage du mouton, puis le tri, le cardage, la teinture et la filature de la laine, mais aussi le montage du tissu, son transport, sa vente – tâches impliquant toutes une pléiade d'objets dans lesquels se trouve à leur tour incorporée une vaste diversité de travaux. Un seul ciseau suppose « le mineur, le constructeur du fourneau où le minerai a été fondu, le bûcheron qui a coupé le bois de la charpente, le charbonnier, le maçon, les ouvriers qui ont construit le fourneau, la construction du moulin de la forge, le forgeron, le coutelier »⁶³ – un seul ciseau suppose tous ces êtres et bien d'autres concourant à la possibilité de son existence.

⁶¹ A. SMITH, *Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations*, G. Garnier (trad.), Paris, Flammarion, 1991, p. 74-75

⁶² *Ibid.*, p. 78

⁶³ *Id.*

Bien que Smith ne se limite qu'à l'actualité des objets, on pourrait tout autant remarquer que chacun suppose à son tour d'innombrables fils d'héritages : de l'apprentissage de l'habileté manuelle aux savoirs techniques issus d'une lente accumulation générationnelle, en passant par la matière elle-même qui suppose elle aussi le concours de diverses conditions écologiques dont elle est tributaire – là, un massif forestier pour la charpente, impliquant les écosystèmes le soutenant ; ici, l'insensible production de charbon et de métaux se générant dans l'immensité du temps.

Si la décision théorique de Smith consiste par la suite à légitimer l'ordre industriel et la séparation du travail et de la propriété, il n'en reste pas moins que ce dernier le fait à partir d'une observation qui vaut pour toute chose, y compris ce qui résulte de la main ou de la bouche humaine : tous les êtres sont autorisés à l'existence par le concours d'une chaîne d'altérités qui se perd dans l'espace et le temps. Ainsi en est-il du concept d'Anthropocène entendu non pas comme un concept stabilisé, mais comme *un acte collectif d'énonciation*, par définition en perpétuel devenir non assignable à un domaine privilégié. Cette énonciation renvoie à deux plans entre lesquels nous devons trouver une médiation : d'une part le plan des régularités à partir desquelles l'acte d'énonciation s'opère ; d'autre part l'invention propre à l'opération d'énonciation, en laquelle se trouve son caractère événementiel, sa singularité dans le temps. Par quels outils saisir ces deux plans ?

Tout d'abord, afin de saisir le plan des régularités, nous mobilisons le concept foucauldien d'archéologie. Commençons par souligner deux éléments en affinité avec ce qui vient d'être analysé. Tout d'abord, Foucault explicite clairement le lien entre l'énoncé et la régularité du discours. Dans la mesure où tout énoncé est « porteur d'une régularité », l'archéologie cherche à distinguer des régularités et non pas à opposer le banal et l'original. Il n'y a pas de « différence de nature entre des énoncés créateurs (qui font apparaître quelque chose de nouveau, qui émettent une information inédite et qui sont en quelque sorte « actifs ») et des énoncés imitatifs (qui reçoivent et répètent l'information, demeurent pour ainsi dire « passifs ») »⁶⁴. D'autre part, l'objet de l'archéologie n'est pas de rabattre une diversité d'énoncés sur une unité. Au contraire, elle est profondément irréductionniste, dans la mesure où c'est à partir de la dispersion même des énoncés que l'on est à même de saisir une régularité⁶⁵.

⁶⁴ M. FOUCAULT, *L'Archéologie du savoir*, Paris, Gallimard, 2008, p. 196-197

⁶⁵ « L'archéologie : une analyse comparative qui n'est pas destinée à réduire la diversité des discours et à dessiner l'unité qui doit les totaliser, mais qui est destinée à répartir leur diversité dans des figures différentes. La comparaison archéologique n'a pas un effet unificateur, mais multiplicateur. » *Ibid.*, p. 218

Dans son projet général, l'archéologie s'attache à faire apparaître un champ historique mais se différencie d'une approche historique qui montrerait l'évolution ou l'enchaînement des idées. Chez Foucault, il s'agit de mettre au jour les conditions de possibilité d'un domaine de savoir plus ou moins étendu. Dans *L'Archéologie du savoir*, il caractérise l'archéologie comme saisie de l'énoncé dans « l'élément de l'archive », entendue comme « la loi de ce qui peut être dit, le système qui régit l'apparition des énoncés comme événements singuliers⁶⁶. » L'archive ne peut donc pas se résumer à la collection de traces produites par une époque ; elle est également constituée de modalités d'énonciation propres à telle époque et à tel type d'énoncé que ces traces dessinent⁶⁷. L'archive comme « loi de ce qui peut être dit » n'est pas à entendre au sens d'une règle explicite qui prescrirait les contenus de discours, mais bel et bien un invariant détectable dans la régularité du discours. Elle a trait à ce qui est appelé dans *Les Mots et les choses* un « *a priori* historique », à savoir « ce qui, à une époque donnée, découpe dans l'expérience un champ de savoir possible, définit le mode d'être des objets qui y apparaissent, arme le regard quotidien de pouvoirs théoriques, et définit les conditions dans lesquelles on peut tenir sur les choses un discours reconnu pour vrai⁶⁸. » Si les termes et les définitions ont pu varier dans le détail⁶⁹, l'essentiel est ici d'affirmer qu'il est possible de décrire de telles conditions de possibilité à partir des régularités discursives historiquement données⁷⁰.

Dans notre cas, nous n'avons pas besoin d'une thèse forte posant l'existence d'un *a priori* historique qui déterminerait les énoncés de savoir. Nous mobilisons l'archéologie et cherchons à caractériser des archives en un sens plus faible. Tout d'abord, c'est uniquement par rapport à notre objet que nous adoptons une démarche archéologique, ce qui constitue en soi une autre différence d'avec une approche historique. Nous cherchons à mettre au jour les

⁶⁶ *Ibid.*, p. 177 et 180

⁶⁷ Contrairement il nous semble à ce qu'en dit J. REVEL, *Le vocabulaire de Foucault*, Paris, Ellipses, 2004, p. 8 : « [...] l'archive représente donc l'ensemble des discours effectivement prononcés à une époque donnée et qui continuent à exister à travers l'histoire. »

⁶⁸ M. FOUCAULT, *Les Mots et les choses : une archéologie des sciences humaines*, Paris, Gallimard, 1990, p. 171

⁶⁹ Il serait loisible de poursuivre en faisant apparaître les difficultés auxquelles fait face l'archéologie foucauldienne dans son rapport aux ruptures historiques, à la synchronicité qu'elles supposent, aux continuités qu'elles effacent autant qu'aux uniformités qu'elles s'emploient à exhiber. Tout comme il serait loisible d'évoquer l'inconstance des termes, des concepts et des ambitions de Foucault, comme J.-M. MANDOSIO, *Longévité d'une imposture, Michel Foucault : suivi de foucaultphiles et foucaultâtres*, Paris, Encyclopédie des nuisances, 2010. Foucault a répondu lui-même : « Ne me demandez pas qui je suis et ne me dites pas de rester le même : c'est une morale d'état civil ; elle régit nos papiers. Qu'elle nous laisse libre quand il s'agit d'écrire. » M. FOUCAULT, *L'Archéologie du savoir*, *op. cit.*, p. 29

⁷⁰ Dans *Les mots et les choses*, Foucault oppose ainsi ce qu'il désigne à plusieurs reprises par des « enquêtes d'opinions » et la mise au jour « d'événement[s] dans l'ordre du savoir ». Quand bien même prendrait-on en compte « les milieux » et les « groupes sociaux », il serait impossible d'accéder aux variations de l'ordre du savoir, car cette variation ne relève tout simplement pas du même registre d'analyse, ni surtout du même plan d'immanence. M. FOUCAULT, *Les Mots et les choses : une archéologie des sciences humaines*, *op. cit.*, p. 356

régularités discursives définissant ou caractérisant une agentivité géologique d'origine humaine, et non pas des structures communes se rapportant au savoir en général. C'est bien de cela dont il s'agit lorsqu'il est question de l'Anthropocène : ce concept relève-t-il ou non de régularités mineures ou majeures dans l'histoire des savoirs de la Terre ? Que nous disent ces régularités sur ce qui est dit aujourd'hui de l'événement géologique ? De plus, la recherche de ces régularités ne doit pas être en principe restreinte à une discipline donnée, c'est-à-dire à une manière donnée de normer des énoncés par rapport à une pratique, et doit s'effectuer sur une plage temporelle suffisamment étendue. Enfin, caractériser l'archive au sens faible c'est moins montrer ce qui *peut* être dit, que de mettre au jour en quoi les régularités dessinent un champ de problèmes et une volonté de savoir cohérente à un moment donné.

Deuxième outil : la traduction permanente

En complément d'une approche archéologique, nous cherchons à saisir la singularité historique du concept d'Anthropocène. Saisir cette singularité consiste à restituer la manière dont ce concept relève effectivement d'un événement. Cependant, comme nous l'avons vu, cela ne va pas de soi ; on pourrait par exemple faire apparaître le concept d'Anthropocène comme singularité si l'on a au préalable démontré comment la modernité a confectionné, dans les sciences et dans la littérature, des récits dessinant une nature impassible, incapable de tout événement⁷¹. Un tel geste présuppose qu'il existe effectivement une notion d'Anthropocène stabilisée et que sa manière de faire événement se situerait dans les écarts entre cette notion et des ensembles d'énoncés lui étant antérieurs. Or le type d'invention que nous souhaitons saisir ne peut être mis en évidence par ce genre d'approche.

A ce stade, la notion même d'événement doit encore être précisée. L'événement peut renvoyer, au sens propre, à l'idée d'une *singularité ponctuelle dans le temps*, à savoir à un objet qui, à la limite, ne possède aucune dimension temporelle quoiqu'il apparaisse dans le temps. En ce sens l'événement serait à distinguer du devenir : l'un s'oppose à la durée, l'autre s'y déploie. Cependant, la conception de l'événement sur laquelle nous nous appuyons ici joint l'événement à la durée : tout comme un événement géologique peut durer des milliers d'années, un événement énonciatif peut s'étaler dans le temps. Un événement peut donc à la fois être singularité par rapport à des régularités qui lui sont extérieures, mais posséder, pour ainsi dire, un intérieur dont on peut rendre compte. Ce point importe car cela signifie que, loin de

⁷¹ A. GHOSH, *Le grand dérangement: d'autres récits à l'ère de la crise climatique*, M. Iserte et N. Haeringer (trad.), Marseille, Wildproject, 2021

considérer le concept d'Anthropocène comme un énoncé stable qui ne serait ensuite que réapproprié, voire comme une boîte noire dont on se contenterait d'examiner les effets, nous défendons la perspective selon laquelle l'événementialité du concept d'Anthropocène se trouve très précisément *dans son devenir* qui recompose d'un même mouvement intérieur et extérieur.

Ainsi nous faut-il rendre compte d'une invention qui se déploie au fil d'un processus d'énonciation. Dans la mesure où l'énonciation est « acte d'envoi, de médiation, de délégation », le processus d'énonciation peut être considéré comme « l'ensemble des actes de médiation dont la présence est nécessaire au sens »⁷². Cet ensemble renvoie à une chaîne de traduction, concept central de la théorie de l'acteur réseau. Une chaîne de traduction est un ensemble d'inscriptions articulées les unes aux autres, et permettant la circulation de références plus ou moins stabilisées en fonction de l'évolution d'un processus de mise à l'épreuve interne (construction des énoncés) et externe (controverses)⁷³. Le concept de traduction permet de dépasser la distinction entre le contexte social et le contenu des énoncés : ce sont précisément eux qui associent les différentes entités de manière plus ou moins robuste⁷⁴. Ainsi, comme nous le verrons, c'est au sein d'un processus d'écriture et de mise à l'épreuve collective que le concept d'Anthropocène associe progressivement une foule exubérante d'entités allant de molécules possédant un redoutable pouvoir radiatif au nombre de *fastfoods* sur Terre, des programmes nationaux de construction de la bombe atomique aux normes disciplinaires de la stratigraphie, des traces paléoanthropologiques à la nature humaine, etc. Vouloir maintenir la distinction entre un contexte et un contenu nous ferait justement perdre la possibilité de décrire l'invention propre à ces associations. La trajectoire d'énonciation est en elle-même une transformation de la société, entendue comme collectif d'humains et de non-humains.

Cependant, il nous faut préciser un aspect important quant à la manière dont nous allons décrire les traductions impliquées dans le processus d'énonciation du concept d'Anthropocène. Les concepts de traduction et de chaîne de référence ont été construits dans le cadre de l'étude des pratiques scientifiques de laboratoire et à la fabrication des faits. Ainsi, le problème est de montrer comment des énoncés scientifiques en viennent effectivement à renvoyer à quelque chose que nous nommons la réalité, en l'inventant dans le même mouvement. Cependant, le concept d'Anthropocène se trouve en décalage par rapport à cette

⁷² B. LATOUR, « Petite philosophie de l'énonciation », dans P. Fossali Basso et L. Corrain (éd.), *Eloqui de senso. Dialoghi semiotici per Paolo Fabbri* Orizzonti, *compiti e dialoghi della semiotica. Saggi per Paolo Fabbri*, Milan, Costa & Nolan, coll. « Riscontri », 1998, p. 74

⁷³ B. LATOUR et S. WOOLGAR, *La vie de laboratoire : La production des faits scientifiques*, M. Biezunski (trad.), Paris, La Découverte, 2006

⁷⁴ M. CALLON, « Quatre modèles pour décrire la dynamique de la science », dans M. Akrich, M. Callon et B. Latour (éd.), *Sociologie de la traduction : têtes fondateurs*, Paris, Ecole des mines de Paris, 2006, p. 107

origine. Il n'y a ni protocole expérimental, ni pratique de collection originale et systématique de faits, ni équations pour établir quelque chose comme une *preuve* ou comme un *fait d'emblée incontestable* de l'Anthropocène. Le concept d'Anthropocène est d'abord de nature *propositionnelle*, c'est-à-dire un énoncé qui n'a pas subi un processus de suivi d'élaboration et de stabilisation robuste à l'aide d'instruments et de techniques d'inscriptions idoines, mais qui, tout en articulant un très grand nombre d'inscriptions obtenues de seconde main, est exposé dans l'espace public *au titre même* de son instabilité. Ainsi, tout au long de son processus d'énonciation au cours des années 2000 et 2010, nous retrouvons principalement des *épreuves et dispositifs argumentatifs* et des *associations d'acteurs et de faits*, dont la nature et la finalité varient en fonction des acteurs qui les mettent en œuvre, mais qui tendent néanmoins vers des formes de stabilisation. C'est précisément cela qui constituera pour nous la piste à suivre, que nous restreindrons toutefois au domaine des sciences de la Terre dans un souci de limiter le périmètre de notre enquête.

Il existe un intérêt supplémentaire et non négligeable de mobiliser le concept de traduction. Ce dernier suppose en effet l'existence d'un réseau qui associe « des éléments hétérogènes qui ont été liés les uns aux autres pour former un tissu d'équivalences et dans lesquels on trouve des inscriptions (et en particulier des énoncés), des dispositifs techniques, des acteurs humains (chercheurs, techniciens, industriels, politiciens) et des organisations (entreprises, associations caritatives, agences publiques) en interaction les uns avec les autres »⁷⁵. Cet aspect est d'autant plus déterminant que le concept d'Anthropocène est fabriqué, comme nous l'avons dit, de très nombreux énoncés pris de seconde main, renvoyant donc à leur tour à d'autres réseaux d'énoncés qui supposent des matérialités hétérogènes. Or ces réseaux se composent de chaînes de traduction dont la taille correspond à celle des objets concernés et qu'il s'agit de re-présenter et de faire exister, à savoir notamment des processus à l'échelle de la Terre et ce, parfois, dans un temps de plusieurs centaines de milliers d'années. Nous avons donc affaire à un problème de dimension qu'il est crucial de pouvoir prendre en charge, dans la mesure où l'on ne pourrait décrire l'entièreté des chaînes permettant la circulation d'autant de mobiles immuables⁷⁶.

La réponse à ce problème de dimension constitue précisément le point d'articulation entre les régularités que l'archéologie permet de mettre en évidence et l'invention à l'œuvre dans le processus d'énonciation du concept d'Anthropocène. En effet, la « force d'un énoncé »

⁷⁵ *Ibid.*, p. 109

⁷⁶ B. LATOUR, « Sol amazonien et circulation de la référence », D. Gille (trad.), dans *L'Espoir de Pandore : Pour une version réaliste de l'activité scientifique*, Paris, La Découverte, 2007, p. 33-82

tient « aux chaînes de traduction et aux références qu'elles construisent » et à la « la robustesse de ces chaînes et plus particulièrement par la morphologie des réseaux qu'elles composent », qui est expliquée par « l'hétérogénéité de ses constituants (dispositifs techniques, énoncés, inscriptions, compétences incorporées, groupes sociaux extérieurs au laboratoire) »⁷⁷. Dans le cas du concept d'Anthropocène, un des enjeux est bien de décrire non pas nécessairement l'entièreté des chaînes, maillon après maillon, mais de rendre compte des dimensions de ce réseau de second ordre qui permet à ce concept d'être énoncé. Ce réseau correspond précisément à ce que Foucault nomme pour sa part un *dispositif*, à savoir « un ensemble résolument hétérogène, comportant des discours, des institutions, des aménagements architecturaux, des décisions réglementaires, des lois, des mesures administratives, des énoncés scientifiques, des propositions philosophiques, morales, philanthropiques, bref ; du dit, aussi bien que du non-dit, voilà les éléments du dispositif. Le dispositif lui-même, c'est le réseau qu'on peut établir entre ces éléments⁷⁸. »

Organisation de la thèse selon trois temporalités

Dans *L'Archéologie du savoir*, Foucault souligne la dualité du discours comme « champ énonciatif » : « à la fois régulier et en alerte : il est sans sommeil ; le moindre énoncé – le plus discret ou le plus banal – met en œuvre tout le jeu des règles selon lesquelles sont formés son objet, sa modalité, les concepts qu'il utilise et la stratégie dont il fait partie⁷⁹. » Voilà résumé en peu de mots la difficulté pour laquelle nous nous sommes équipés conceptuellement. Nous avons donc trois plans d'analyse pour articuler cette double nature, qui semble à la fois passive et active : l'archéologie, la traduction et, entre ces deux termes, le réseau-dispositif comme médiateur. A ce stade, nous pouvons donc proposer un principe d'ordonnement analytique de la thèse, inspiré de l'analyse des temporalités de Fernand Braudel.

Ce dernier distingue dans l'analyse historique trois niveaux de temporalité, ou trois durées. La première est la durée de l'événement, qu'il restreint donc à son caractère « explosif » ; elle renvoie autant au quotidien, qu'aux simples actes de conscience, à la vie sociale et à la politique⁸⁰. Vient ensuite la durée intermédiaire, que Braudel associe à l'histoire

⁷⁷ M. CALLON, « Quatre modèles pour décrire la dynamique de la science », *op. cit.*, p. 123-124

⁷⁸ M. FOUCAULT, « Le jeu de Michel Foucault », dans *Dits et écrits II (1976 - 1988)*, Paris, Gallimard, 2001, p. 299

⁷⁹ M. FOUCAULT, *L'Archéologie du savoir*, *op. cit.*, p. 199

⁸⁰ F. BRAUDEL, « Histoire et Sciences sociales : La longue durée », *Annales*, vol. 13, n° 4, 1958, p. 728

économique : d'une durée de quelques dizaines d'années, cette temporalité est le temps des tendances conjoncturelles, impossibles à mettre en lumière dans l'instantané de l'événement. Enfin, la longue durée, séculaire, qui s'articule chez Braudel à la notion de structure, non pas au sens de Lévi-Strauss, mais au sens d'invariants à la fois d'ordres biologiques, géographiques, climatiques mais aussi de rapports sociaux ou de schèmes de représentations tels que la cosmologie aristotélicienne⁸¹. Pour Braudel, la division en trois temporalités est seulement analytique dans la mesure où il existe en principe des « milliers d'éclatements du temps de l'histoire », mais qui ne se comprennent qu'à partir de la longue durée ; de même, dans ce travail, la division en trois temporalités est en quelque sorte réglée sur notre objet, plutôt qu'un réquisit absolu⁸².

Nous mobilisons ces temporalités afin de rendre compte de ce que signifie dire l'Anthropocène aujourd'hui. A la différence d'une approche historique, chaque temporalité est analysée selon une approche méthodologique différente. Cette approche se justifie à nos yeux d'abord parce que l'enjeu n'est pas de faire histoire, mais d'interroger la signification d'un énoncé dans son rapport qu'il entretient avec notre actualité historique, selon les différences analytiques présentées entre archive, énonciation et dispositif⁸³. Cela signifie également de prendre le risque de découvrir que ce qui se révèle finalement original ne l'est peut-être pas de la manière dont nous l'attendions.

Nous mettons en œuvre pour chaque plan analytique, pour ainsi dire, une méthodologie différente dans la mesure où ce qu'il s'agit de montrer ne relève pas du même mode d'existence historique. La première temporalité correspond approximativement à celle de l'émergence progressive des savoirs de la Terre sous leur forme contemporaine. S'étalant de la fin du XVIIIe siècle au milieu du XXe siècle, elle se donne pour objet de rendre compte du statut d'énoncés scientifiques relatifs à l'action géologique humaine sur la Terre, qu'elle soit envisagée sous l'angle de ses propriétés climatiques, géographiques, biogéochimiques, biologiques ou encore géologiques. Dans cette partie, nous adoptons une approche d'épistémologie conceptuelle, mais non pas en évaluant une hypothétique scientificité des énoncés sur l'action géologique humaine mais en cherchant à restituer les positivités dans lesquelles ils s'insèrent. Le corpus principal est ici constitué de sources primaires des écrits produits par des acteurs mais aussi de sources

⁸¹ *Ibid.*, p. 731-733

⁸² *Ibid.*, p. 734. De même, la restriction de l'événement à l'instantané est pour Braudel une manière de définir un cadre analytique, et non pas une thèse ontologique sur l'événement en lui-même. *Ibid.*, p. 738.

⁸³ Nous ne défendons pas la nécessité d'une continuité méthodologique, contrairement à l'approche latourienne : « le passage progressif du niveau micro au niveau macro est devenu traçable sans qu'on ait pour autant à changer de méthode ». B. LATOUR, *Changer de société, refaire de la sociologie*, N. Guilhot (trad.), Paris, La Découverte, 2007, p. 264

secondaires permettant de les discuter. Il s'agit de faire apparaître l'existence d'un intérêt profond et transversal dans une diversité de contextes épistémiques, portant sur l'agir géologique, et d'en montrer la légitimité historiquement relative à la naissance de ces champs de savoir sous leur forme moderne.

Dans une deuxième grande partie, nous nous intéressons à une temporalité s'étendant de la fin de la Seconde Guerre mondiale aux années 1990. L'approche est ici fortement nourrie de travaux provenant du champ des STS, et tente de décrire un ensemble discursif et non-discursif, que nous caractérisons comme un dispositif de géo-savoir. Nous analysons d'une part l'émergence des conditions de possibilité du dire anthropocénique comme s'attachant à l'histoire des sciences de la Terre pendant la Guerre froide, et d'autre part les formes d'agir en relation avec la Terre qui y sont définis. Nous interrogeons les relations de continuité entre les schèmes culturels des sciences de la Terre de la Guerre froide et les énoncés fondamentaux des sciences du « système Terre ». L'analyse est principalement centrée sur les acteurs tout à fait centraux de cette période que sont les institutions internationales des sciences de la Terre, notamment celles pour lesquelles le Conseil international pour la Science joue un rôle moteur. Elles permettent d'offrir sur cette période une fenêtre privilégiée sur le dispositif que nous tâchons de restituer. A côté des travaux de socio-histoire des sciences, nous mobilisons de nombreux rapports institutionnels pour mener à bien nos analyses. Cette partie met au jour les conditions de possibilité à partir desquelles le dire géologique contemporain devient possible.

La troisième partie se concentre plus spécifiquement sur les deux dernières décennies correspondant de l'existence de la notion d'Anthropocène. L'approche adoptée est alors double : à la fois une description précise des jeux d'acteurs et de réécriture constante de cette notion, qui constituent autant de traductions, mais aussi une analyse conceptuelle et épistémique montrant les enjeux politiques et normatifs des différentes significations du terme « Anthropocène » tel qu'il est mobilisé dans les contextes des sciences de la Terre. Prenant à bras le corps la dimension scripturale et processuelle de l'énonciation du terme « Anthropocène », nous centrons notre analyse sur les nombreuses publications des acteurs qui en promeuvent des définitions, tout en prenant soin de rendre compte des réseaux institutionnels et disciplinaires dans lesquels ils sont pris.

Du point de vue de la structure générale de la thèse, il convient de préciser que chacune des trois grandes parties s'ouvre par un chapitre introductif qui précise les problèmes abordés et les enjeux de méthode, ce pourquoi nous ne les détaillons pas plus amplement ici. D'autre part, chaque grande partie se clôture par un chapitre conclusif possédant une fonction symétrique : soulever des enjeux et des problèmes au regard de ce qui a été traité dans la partie

afférente. C'est pourquoi nous avons laissé une large part à la description dans le corps même des parties, raison qui s'ajoute à celle de la position résolument pragmatique de cette thèse. La conclusion générale ne contient pas qu'un rappel synthétique des principaux résultats de la thèse, mais également des propositions théorétiques et pratiques.

Compte tenu de la manière, très resserrée, avec laquelle nous restituons parfois certains propos, nous avons opté pour un usage raisonné des notes en bas de page. Lorsque nous restituons un propos se trouvant exactement au même emplacement, nous ne renvoyons qu'une fois à la source, à la fin de la restitution. Ce sont surtout les deuxièmes et troisièmes parties qui contiennent de tels passages.

Enfin, soulignons que la manière dont nous analysons l'énonciation de l'Anthropocène, les méthodes et les angles choisis, ne constituent qu'un éclairage possible parmi d'autres et n'ont pas prétention à l'exhaustivité. Par exemple, nous ne traitons pas du parcours de cette notion dans le champ des sciences humaines et sociales, ce qui nécessiterait sans doute un travail de doctorat en tant que tel, pas plus que nous ne traitons de la circulation du terme et de ses effets dans d'autres espaces, comme dans la sphère médiatique ou dans le monde de l'art contemporain, où elle n'a pas manqué de produire de nombreux déplacements.

Première partie :

L'agir géologique dispersé dans les
savoirs de la Terre
(XIXe-XXe siècles)

Admettons, même si elle est extravagante, l'hypothèse qu'une intelligence indéterminée viendrait étudier la terre lorsque le genre humain, celui qui a peuplé les mondes anciens, aurait irrémédiablement disparu. Serait-elle capable d'étudier la géologie de notre époque à partir du même fondement sur lequel s'est érigé le splendide édifice de la science géologique des mondes antérieurs ? Serait-elle capable de déduire les conditions naturelles et véritables du globe à partir du cours des fleuves, de la répartition des animaux et des plantes et enfin des empreintes laissées par les forces libres de la nature ? Peut-être le pourrait-elle ; mais toujours et seulement en gardant en vue, en mettant dans tous ses calculs, ce nouvel élément : l'esprit humain. [...] si la géologie actuelle, pour comprendre les âges passés, doit étudier la nature sans tenir compte de l'homme, la géologie future, pour comprendre notre époque, doit étudier l'homme sans tenir compte de la nature. Le géologue du futur, pour comprendre notre époque, devra étudier l'homme sans se référer à la nature. Ce sont les raisons pour lesquelles je crois que l'époque humaine doit être élevée à la dignité d'une nouvelle ère⁸⁴.

— Antonio Stoppani, 1873

⁸⁴ A. STOPPANI, *Corso di geologia del Professore Antonio Stoppani : Geologia Straticafica*, Milano, G. Bernardoni e G. Brigola, 1873, vol. II, p. 739-740

Introduction de la première partie

Can we foresee the final result when all possible engineering works shall have been carried out? Is it possible that in the yet far distant end Earth will come to the state said to exist in Mars, and be covered by enormous canals from pole to equator? The canals of Mars, if they really exist, a question still under discussion, are far greater than any our engineers have imagined. The battle of the Martians with Nature has been on a much more gigantic scale than Man's conflict, and yet we hear that the Martian is on the point of extinction, and Mars of becoming totally lifeless. Even on Mars the mighty engineering works seem merely to scratch the skin of the planet, and the final result of Martian activity on the solar system seems likely to be infinitesimal⁸⁵.

— Robert L. Sherlock, 1922

A l'instar du champ de l'écologie politique en général⁸⁶, la littérature traitant de l'Anthropocène évoque souvent l'existence de précurseurs entre le XVII^e siècle et le XX^e siècle. Ainsi, dès l'article introduisant la notion d'Anthropocène en 2000, Crutzen et Stoermer mentionnent-ils la réédition de *Man and nature* de Georges Perkins Marsh sous le titre *The Earth as modified by human action* ; la qualification par l'abbé Stoppani de l'action humaine comme « force tellurique » et d'une ère « Anthropozoïque » ; les propos du géochimiste Vladimir Verdnadsky et du paléontologue jésuite Pierre Teilhard de Chardin au sujet de la noosphère, domaine des consciences en relation dont l'influence matérielle sur le monde

⁸⁵ R. L. SHERLOCK, *Man as a Geological Agent: an Account of his Action on Inanimate Nature*, Londres, H. F. & G. Witherby, 1922, p. 347

⁸⁶ Le thème de l'excavation des précurseurs est en effet très répandu. On peut penser par exemple à la collection dirigée par Serge Latouche « Les Précurseurs de la décroissance » aux éditions du Passager clandestin, mais plus largement à la manière dont l'histoire cadre ses enquêtes sur la pensée environnementale. Pour une discussion critique de cette tendance, voir F. JARRIGE, « Écologie : l'obsession des origines », *Terrestres*, 10 octobre 2018

deviendrait capable de modifier profondément les autres sphères (biosphère, lithosphère, hydrosphère, etc.)⁸⁷. Au grès des publications, les articles définitoires enrichissent cette liste, offrant à chaque reprise un panorama historique des « antécédents »⁸⁸. C'est ainsi que les membres de l'Anthropocene Working Group (AWG) notent à ce propos :

Le terme « Anthropocène » est la dernière itération d'un concept dont le but est de signifier l'influence de l'activité humaine sur les processus biologiques, physiques et chimiques sur et autour de la surface de la Terre. De plus anciennes versions de ce concept ont déjà été largement, quoique de manière intermittente, discutées à la fois en des termes scientifiques et philosophiques⁸⁹.

Il semble qu'une sorte de continuité littéraire soit ainsi rétrospectivement instaurée et reconnue, explicitement dans l'intention de reconnaître un héritage énonciatif à travers l'histoire des savoirs modernes (Tableau 4).

Buffon	1788
Marsh	1864
Stoppani	1873
Marsh	1874
Renevier	1873
LeConte	1877
Bergson	1907
Schuchert	1918
Sherlock	1922
Vernadsky	1925
Vernadsky	1929
Osborn	1948
Thomas (dir.)	1956
Theilard de Chardin	1964
Suess	1975
Turner, Clarke, Kates, Richards, Mathews, Meyers (dir.)	1990
Revkin	1992

Tableau 4 – Liste des textes cités comme « antécédents » dans la littérature définitoire de l'Anthropocène.

Dans cette partie, nous tentons de problématiser les énoncés se rapportant à l'agir géologique de l'humanité sur le globe autrement que sur le mode d'une recherche des origines

⁸⁷ P. J. CRUTZEN et E. STOERMER, « The Anthropocene », *op. cit.*

⁸⁸ Selon le terme utilisé par W. STEFFEN *et al.*, « The Anthropocene », mars 2011, *op. cit.*. D'autres auteurs revendiquent encore plus explicitement des « précurseurs » voir à ce sujet A. FEDERAU, *Philosophie de l'Anthropocène. Interprétations et épistémologie*, Thèse de doctorat, Lausanne et Dijon, Université de Lausanne et Université de Bourgogne, 2016.

⁸⁹ J. ZALASIEWICZ *et al.*, « Stratigraphy of the Anthropocene », *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 369, n° 1938, 13 mars 2011, p. 1037

– au fond, autrement que sur le mode du « précurseur ». En analysant le déploiement de ce récit à travers plusieurs rationalités épistémiques durant le XIXe et le début du XXe siècle, nous mettons en évidence une large présence du récit géologique de l’humanité. Ce faisant, nous défendons l’intérêt historique des discours savants qualifiés de « spéculatifs » et proposons une lecture comparative de l’histoire dans laquelle l’attention aux contextes sociaux et conceptuels d’énonciation, et plus généralement la particularité du discours, a tout autant sa place que l’identification de schèmes sur une longue durée. Finalement, partant d’une lecture critique des supposés « précurseurs », il s’agit de questionner certains traits du récit contemporain de l’Anthropocène et de la lecture de l’histoire de l’industrialisation qu’il présuppose.

1.1 Le précurseur et l’histoire des sciences

Comme n’ont pas manqué de le souligner de nombreux auteurs, cette mise en continuité questionne dans la mesure où elle efface les différences de signification entre des termes historiquement disjoints⁹⁰. Il s’agit ici de la question, classique dans le domaine de l’histoire et la philosophie des sciences, des précurseurs. Selon Canguilhem, la recherche de précurseurs est avant tout figurée par la volonté d’un « inventeur » d’acclimater des thèses que ses contemporains sont rétifs à discuter ou, du moins, à accrédi-ter. Cependant, chez lui autant que chez Koyré et d’autres⁹¹, cette recherche relèverait d’une tactique rhétorique qui peut s’avérer fructueuse sur le plan stratégique, mais qui a l’inconvénient d’occulter l’originalité des énoncés qui résultent de l’invention scientifique et dont le sens pourrait s’avérer sans commune mesure avec ceux des précédents⁹².

⁹⁰ C. HAMILTON et J. GRINEVALD, « Was the Anthropocene Anticipated? », *op. cit.* ; C. BONNEUIL et J.-B. FRESSOZ, *L’événement anthropocène*, *op. cit.* ; A. FEDERAU, *Philosophie de l’Anthropocène. Interprétations et épistémologie*, *op. cit.* ; B. GUILLAUME, « Vernadsky’s Philosophical Legacy: A Perspective from the Anthropocene », *The Anthropocene Review*, vol. 1, n° 2, août 2014, p. 137-146.

⁹¹ « La notion de « précurseur » est, pour l’historien, une notion très dangereuse. Il est vrai, sans doute, que les idées ont un développement *quasi* autonome, c’est-à-dire que, nées dans un esprit, elles arrivent à maturité et portent leurs fruits dans un autre, et qu’il est, de ce fait, possible de faire l’histoire des problèmes et de leurs solutions ; il est vrai également que l’importance historique d’une doctrine se mesure à sa fécondité, que les générations postérieures ne sont intéressées par celle qui les précède qu’autant qu’elles voient en elles leurs « ancêtres » ou leurs « précurseurs ». Il est toutefois évident – ou du moins devrait l’être – que personne ne s’est jamais considéré comme « précurseur » de quelqu’un d’autre ; et n’a pas pu le faire. Aussi l’envisager comme tel est le meilleur moyen de s’interdire de le comprendre. » A. KOYRE, *La Révolution astronomique. Copernic, Kepler, Borelli, Hermann*, Paris, Hermann, 1961

⁹² G. CANGUILHEM, « L’objet de l’histoire des sciences », dans *Études d’histoire et de philosophie des sciences*, 4^e éd., Paris, Vrin, 1979, p. 11. Ce thème de l’incommensurabilité des systèmes d’explication du monde n’est pas, bien entendu, un pur schème canguilhemien. Nous devons relever qu’il fait partie d’une célèbre thèse défendue par Thomas Kuhn dans T. S. KUHN, *The structure of scientific revolutions*, Fourth edition, Chicago ; London, The University of Chicago Press, 2012. Rappelons aussi que ce trait en commun sur ce point précis n’efface guère les différences profondes qui existent entre les philosophies des sciences d’épistémologie historique et celle qu’a pu défendre Kuhn, qui ne se résume pas à un réductionnisme sociologique

Non seulement cette mise en garde concerne l'histoire en tant qu'effectuation historique, mais elle se révèle être une *condition de possibilité* de l'histoire des sciences telle que la conçoit Canguilhem, et, plus généralement, de toute conception de l'histoire des sciences adossée à une « critique épistémologique ». Prenant l'exemple des hypothétiques devanciers de l'univers infini, Canguilhem remarque la chose suivante :

Pour avoir fait une supposition d'héliocentrisme, Aristarque de Samos n'est pas un précurseur de Copernic, encore que celui-ci s'autorise de celui-là. Changer le centre de référence des mouvement célestes, c'est relativiser le haut et le bas, c'est changer des dimensions de l'univers, bref, c'est composer un système. Or Copernic a reproché à toutes les théories astronomiques avant la sienne de n'être pas des systèmes rationnels. Un précurseur ce serait un penseur de plusieurs temps, du sien et de celui ou de ceux qu'on lui assigne comme ses continuateurs, comme les exécutants de son entreprise inachevée. Le précurseur est donc un penseur que l'historien croit pouvoir extraire de son encadrement culturel pour l'insérer dans un autre, ce qui revient à considérer des concepts, des discours et des gestes spéculatifs ou expérimentaux comme pouvant être déplacés et replacés dans un espace intellectuel où la réversibilité des relations a été obtenue par l'oubli de l'aspect historique de l'objet dont il est traité⁹³.

On serait donc en droit de s'interroger sur le sens que revêt l'évocation de « précurseurs » de la notion d'Anthropocène. Si nous mettons de côté l'indéniable caractère stratégique de légitimation d'un propos, à quelle condition peut-on prendre au sérieux l'existence de tels précurseurs ? Canguilhem affirme que cela nécessite une « analyse critique des textes » afin de s'assurer de la proximité des significations ; est-ce possible dans le cas de la notion d'Anthropocène ? Est-il suffisant de prendre en compte l'« encadrement culturel » des énoncés, et, surtout, de quel encadrement s'agit-t-il dans notre cas ?

Comme nous l'avons déjà évoqué, malgré cette mise en continuité, certains promoteurs du terme « Anthropocène », ainsi que des auteurs d'histoire et de philosophie des sciences soutiennent l'hypothèse d'une rupture radicale⁹⁴. Ainsi, Hamilton et Grinevald défendent-ils l'idée selon laquelle la notion d'Anthropocène est incommensurable avec les énoncés auxquels elle est comparée habituellement. En effet, selon ces derniers, l'émergence des sciences du « système Terre » a bien provoqué une « révolution » au sens de Kuhn dans la mesure où ce qui est signifié par le terme « Anthropocène » se rapporte à un changement d'état du système terrestre, entendu comme ensemble de composantes (atmosphère, hydrosphère,

⁹³ G. CANGUILHEM, « L'objet de l'histoire des sciences », *op. cit.*, p. 21. Chez Foucault, on trouve par exemple une critique des précurseurs du transformisme darwinien au XVIII^e siècle M. FOUCAULT, *Les Mots et les choses : une archéologie des sciences humaines*, *op. cit.*, p. 158-176.

⁹⁴ Voir W. STEFFEN *et al.*, « The Anthropocene », mars 2011, *op. cit.*, p. 862 où les auteurs comparent l'effet attendu de leur proposition à celui des propositions darwiniennes sur l'origine de l'espèce humaine au XIX^e siècle.

biosphère, sols, cycles biogéochimiques) en interaction dynamique. Les auteurs qui ne furent pas contemporains de ce changement qui survint au tournant des années 1970 ne peuvent donc pas avoir la même conception d'un bouleversement de la Terre provoqué par l'action humaine, car ces derniers n'ont tout bonnement pas une conception de la Terre homologuée⁹⁵. Dutreuil souligne également, sans recourir à la notion kuhnienne de révolution scientifique, l'appartenance exclusive de la notion d'Anthropocène aux sciences du « système Terre ». Cette appartenance discréditerait selon lui la possibilité que la notion d'Anthropocène soit un « concept d'histoire de la Terre »⁹⁶.

A l'opposé, Alexander Federau, auteur d'une thèse sur la notion d'Anthropocène, conteste cette perspective discontinuiste, car il estime que les conditions posées par Canguilhem sont réunies : il s'agit du même chemin épistémologique.

On ne peut pas reprocher à Stoppani de ne pas avoir prévu le trou dans la couche d'ozone, ou de ne pas raisonner en termes de forçage radiatif. La fonction d'un précurseur n'est pas d'être le clone de ce qui vient après lui, mais de reconnaître des liens de filiation. Il n'y a pas plus de génération spontanée des idées que des êtres vivants. Une idée n'apparaît pas *ex nihilo*, elle pousse au contraire toujours sur un sol déjà travaillé. Affirmer cela, ce n'est pas nier l'originalité d'un contexte de découverte ou l'aspect novateur d'une pensée, mais c'est inscrire les idées au sein d'une histoire⁹⁷.

Federau estime ainsi que, non seulement la disqualification de Vernadsky au titre de précurseur est la « plus injuste », dans la mesure où des éléments de biogéochimie et d'une perspective systémique sont présents, mais celle des « précurseurs du XIXe siècle » l'est également. En effet, selon lui, si l'on accepte qu'une définition de l'Anthropocène en termes d'occupation des sols et des écosystèmes – ce que l'on nomme « anthropisation » – « s'est établie » ; alors il faut accepter au titre de précurseurs ceux qui ont admis une telle hypothèse (de Buffon à Suess notamment)⁹⁸.

Un tel argument nous paraît difficile à admettre dans la mesure où Federau hypostasie une notion proche de celle de culture commune, à travers la métaphore d'un « sol déjà travaillé ». Révéler ce « sol déjà travaillé », ce serait « inscrire les idées au sein d'une histoire ». Dès lors, tout énoncé de l'histoire des sciences participerait de la constitution de ce sol et on serait en droit de rapporter tout énoncé actuel à un antécédent, qui, du seul fait de son existence, contribue à nourrir un sol. Ainsi, à ce degré de généralité, cet argument reste un opérateur

⁹⁵ C. HAMILTON et J. GRINEVALD, « Was the Anthropocene Anticipated? », *op. cit.*

⁹⁶ S. DUTREUIL, « L'Anthropocène est-il un concept d'histoire de la Terre ? », *op. cit.*

⁹⁷ A. FEDERAU, *Philosophie de l'Anthropocène. Interprétations et épistémologie*, *op. cit.*, p. 84-85

⁹⁸ *Ibid.*, p. 85

autorisant la substitution du « temps logique des relation de vérité au temps historique de leur invention⁹⁹ » comme l'affirmait Canguilhem, ce que, précisément, ce dernier cherche à tout prix à éviter. En effet, l'argument de Federeau permettrait bien de faire de Aristarque de Samos un précurseur de Copernic, ce que rejette Canguilhem, quoique que « celui-ci s'autorise de celui-là¹⁰⁰ ».

En outre la question semble mal posée. En effet, en cherchant à mettre en avant des personnages d'une sagacité remarquable, partir à la recherche du précurseur alimente une histoire récurrente, présupposant que la vérité présente est le point d'aboutissement d'un progrès¹⁰¹. Elle la *personnifie* également en s'attachant à isoler des énoncés clés, épurés de leurs contextes, et proférés quelques lucides esseulés ou par des subjectivités souveraines. Elle ne rend pas compte des manières collectives de représenter le monde ou des ensembles de signification cohérents liés à des réseaux sociotechniques – quand bien même les énoncés en question seraient proférés par des personnes isolées¹⁰². En ce sens, on commencerait à mieux poser le problème en parlant de « précurSIONS » plutôt que de précurseurs. Cependant, subsisterait encore un problème important lié à une tension qui traverse le regard historique : d'une part, chercher à caractériser des « précurSIONS », en tant que déjà dit collectif, n'est-ce pas encore présumer trop de continuité dans l'histoire ? D'autre part, en cherchant à singulariser les systèmes d'énoncés et les rationalités qui les caractérisent, ne risque-t-on pas de perdre le fil de l'histoire ?

1.2 Ramener à vie des énoncés

Comment échapper à ces deux écueils ? Sans doute le point de départ commun est-il que la saisie du passé n'est possible que comme demande de l'actualité. Dans « La volonté de croire », James distingue les hypothèses vivantes et mortes ; les premières se posent comme « une véritable possibilité devant l'entendement auquel elle est soumise » lorsque les secondes paraissent ne jamais pouvoir se présenter comme telle¹⁰³.

De la même façon, on peut parler *d'énoncés vivants ou morts* : certains énoncés tirés

⁹⁹ G. CANGUILHEM, « L'objet de l'histoire des sciences », *op. cit.*, p. 22

¹⁰⁰ *Ibid.*, p. 21

¹⁰¹ S. G. BRUSH, « Should the History of Science Be Rated X?: The way scientists behave (according to historians) might not be a good model for students », *Science*, vol. 183, n° 4130, 22 mars 1974, p. 1164-1172

¹⁰² De Bachelard à Latour, en passant par Kuhn, la question de la nature collective, non personnelle, de l'énonciabilité nous semble de plus en plus insistante.

¹⁰³ W. JAMES, « La volonté de croire », L. Moulin (trad.), dans *La Volonté de croire*, Paris, Les Empêcheurs de penser en rond ; Seuil, 2005, p. 40

du passé suscitent en nous non pas une adhésion, mais un *étonnement* ou un *trouble lié à leur actualité*, alors que d'autres nous laissent tout à fait indifférents. Une des conditions de cet étonnement est l'ancienneté de cet énoncé, quoiqu'il s'agisse plus profondément de son éloignement (temporel, spatial, culturel). Une autre, et comme le souligne James, est la subjectivité qui est le siège de ce trouble. Par exemple, la théorie stoïcienne du fondement divin du monde comme feu ou logos peut se rapporter à la catégorie d'énoncé mort dans la mesure où telle théorie peut certes nous étonner, nous troubler, mais seulement dans le cadre d'un esprit d'enquête tourné vers ce qu'a été le stoïcisme, ou les représentations du monde antique. Il en irait de même aujourd'hui pour l'existence de l'éther et la physique des ondes électromagnétiques. Mais retrouver au XIXe siècle des thèses relatives à l'action géologique de l'humanité nous interpelle ; on a le sentiment que ces énoncés « nous parlent », ou, du moins, sèment en nous un trouble¹⁰⁴. Et ce trouble habite non seulement une subjectivité intéressée par l'histoire des sciences géologiques ou par l'histoire des énoncés environnementaux, mais aussi toute subjectivité qui est, théoriquement ou pratiquement, touchée par les bouleversements géologiques et écologiques actuels. L'actualité agit en quelque sorte comme une force de distribution active entre vie et mort, entre résurrection et annihilation des significations.

Pour l'histoire des sciences et l'épistémologie la tentation est de s'instaurer en une instance capable d'ordonner ce flux. Il est bien connu de l'histoire et de la philosophie des sciences qu'il existe de très nombreux énoncés qui, quoiqu'apparaissant très actuels, appartiennent à des systèmes de signification qui n'ont que peu de choses à voir avec ceux avec lesquels on les place en relation de filiation, qu'ils soient contemporains ou pas. Ainsi l'action climatique de l'activité humaine chez Buffon est-elle adossée à une conception qui lie le défrichage des forêts et l'assèchement des sols à un adoucissement du climat (voir *infra*, 2.1) – ce qui n'est en rien comparable à l'influence de l'action humaine sur le climat telle qu'elle est comprise aujourd'hui. De ce point de vue, dire que Buffon est un précurseur des sciences du climat contemporaines, ainsi que des alertes qui en découlent, est sans aucun doute une erreur manifeste de lecture historique. Plus généralement, les savoirs et leurs objets s'élaborent d'un même tenant. Le climat de Buffon n'est pas le même que celui du GIEC ; la Terre de Stoppani n'est pas la même que celle de Zalasiewicz et ses collègues. L'épistémologie, en mettant au jour et corrigeant les erreurs, serait ainsi capable de neutraliser un étonnement en l'expliquant. L'étonnement, qui suppose l'éloignement de ce qui nous étonne autant que sa

¹⁰⁴ Ces pronoms personnels ont surtout vocation à incarner une subjectivité d'ordre expérimentale, et ne constituent en aucun cas une désignation universelle. Ce qui importe, c'est qu'une telle expérience soit possible, plutôt qu'elle soit réellement présente en chaque individu.

capacité à nous concerner malgré tout, n'est alors plus opérant car cette distance apparaît alors *justifiée* et notre sentiment d'être concerné semble alors relever d'un manque de connaissance historique. N'y a-t-il alors que des énoncés morts ? L'histoire épistémologique des sciences serait-elle le fossoyeur d'un rapport par trop sentimental à l'histoire ?

Comme nous l'argumentons dans la troisième partie, le problème est encore compliqué par le statut du type d'énoncé que recouvre la notion d'Anthropocène. En effet, elle surgit d'abord comme une hypothèse soumise à une communauté par un non-spécialiste de la géologie (Crutzen au sein des sciences du « système Terre » (SST)), sur un mode qui relève également de celui de l'alerte ou, a minima, du *discours public*. Ce n'est que par la suite qu'elle est travaillée pour correspondre à des normes internes à des communautés de recherche, SST ou géologie, dont la vocation de discours public est en même temps renforcée. Et ce travail peut ne pas être considéré comme abouti du point de vue des normes disciplinaires, comme nous le verrons. Par conséquent, la notion d'Anthropocène émerge tout autant comme une notion de « sens commun »¹⁰⁵ que comme énoncé scientifique relevant « d'un projet intériorisé normé »¹⁰⁶. Il est peu pertinent de vouloir établir une discontinuité historique quant à sa signification si on ne précise pas le registre de discours dont il s'agit. De plus, la notion d'Anthropocène étant encore en construction, et les savoirs concernés eux-mêmes ne s'étant distingués historiquement que tardivement, un jugement rétrospectif qui compterait sur l'un ou l'autre – une stabilisation claire de la notion, un cadrage clair des disciplines – a toutes les chances de manquer son but. Dès lors, on ne peut affirmer « cela a déjà été dit » ou encore « c'est inouï », si l'on ne précise pas de quelle actualité on parle. De ce point de vue, ne devraient pas être écartés, en principe, les énoncés proférés depuis des savoirs et des problèmes qui ne seraient pas légitimes à le faire, ou bien dont la légitimité pourrait être aujourd'hui sujette à controverse.

Par ailleurs, à cette exigence de lecture historique nous souhaitons prendre en compte un débat historiographique, et une controverse sur le récit de notre actualité. Comme tout récit, celui que véhicule le corpus scientifique au sujet de l'Anthropocène exhibe plusieurs schèmes caractéristiques. Non seulement nous y trouvons le rappel incessant des précurseurs¹⁰⁷, mais

¹⁰⁵ B. BENSUADE VINCENT, *L'opinion publique et la science : histoire d'un divorce*, Paris, La Découverte, 2013 ; I. STENGERS, *Réactiver le sens commun : lecture de Whitehead en temps de débâcle*, Paris, La Découverte, coll. « Les empêcheurs de penser en rond », 2020

¹⁰⁶ G. CANGUILHEM, « L'objet de l'histoire des sciences », *op. cit.*, p. 17

¹⁰⁷ A ce titre, il nous semble que la lecture de Dominique Raynaud, qualifiant la notion d'Anthropocène d'idéologique sous prétexte qu'elle masque ses éventuels prédécesseurs, nous semble manquer assez largement sa cible. De plus, on pourrait questionner l'intention même de chercher de l'idéologie dans des énoncés scientifiques. D. RAYNAUD, « Anthropocène. Technique. Deux points de contact entre science et pensée partisane », *Zilsel*, N° 3, n° 1, 13 février 2018, p. 261-277

aussi la thèse de la néo-réflexivité environnementale. Il s'agit des récits de la prise de conscience environnementale tardive, située au cours des années 1960, comprise comme explicitation documentable et normativement évaluée des dommages environnementaux autant que des risques qu'une société industrielle déploie à toutes les échelles. Ce récit de la néo-réflexivité environnementale se retrouve largement dans le champ des humanités environnementales et des sciences humaines s'étant intéressées aux questions écologiques ou aux risques ; mais aussi dans le champ des sciences de la Terre et particulièrement au sein du récit d'origine scientifique véhiculé par la notion d'Anthropocène¹⁰⁸.

Le concept de « réflexivité environnementale » pourrait être jugé par trop anachronique. Celui-ci a été introduit par Fressoz dans la préface à l'édition critique de deux opus oubliés mais qui ont largement circulé lors de leur parution au milieu du XIXe siècle. *La fin du monde par la science* (1855) et *L'arbre de la science* (1857) ne sont surtout pas des curiosités. Au contraire nous dit Fressoz, « ils sont bien de leur temps ». Aux thèmes attendus du romantisme s'ajoutent le catastrophisme technologique et la dénonciation de l'hubris humaine de son époque : lien entre déforestation et changement climatique, vaccination et dégénérescence de l'humanité, risques des infrastructures de la modernité industrielle (chemins de fers, canaux interocéaniques) mais aussi production et réflexivité des risques et de l'incertitude, et gouvernement planétaire¹⁰⁹. Dans *L'apocalypse joyeuse*, Fressoz offre le tableau des réflexivités environnementales et techniques du XVIIIe et XIXe siècles à travers les portraits successifs de controverses telles que la vaccine, les chemins de fer ou le gaz de ville¹¹⁰. Bonneuil rappelle que, loin d'être une quête des origines de l'environnementalisme ou du souci pour les questions écologiques, le concept de « réflexivité environnementale » relève bien plutôt d'une démarche « analytique », « donc nécessairement anachronique » : « n'oublions pas que si le terme de *circumfusa* est ancien, celui d'environnement ne commence à être utilisé qu'à partir du milieu du XIXe siècle pour n'être consacré, dans le sens que nous lui donnons, que dans le dernier tiers du XXe siècle »¹¹¹.

Dans le cadre de la controverse sur les précurseurs, la question qui est régulièrement posée à l'histoire est la suivante : « étant donné la nouveauté de l'énoncé actuel, quels sont les

¹⁰⁸ Cette description a largement été réalisée dans C. BONNEUIL et J.-B. FRESSOZ, *L'événement anthropocène, op. cit.* ; P. de JOUVANCOURT et C. BONNEUIL, « En finir avec l'épopée. Récit, géopouvoir et sujets de l'Anthropocène », dans É. Hache (éd.), *De l'univers clos au monde infini*, Paris, Dehors, 2014, p. 57-105

¹⁰⁹ J.-B. FRESSOZ, « Eugène Huzar et la genèse de la société du risque », dans *La fin du monde par la science*, Alfortville, Ere, 2008, p. 7-36

¹¹⁰ J.-B. FRESSOZ, *L'Apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique, op. cit.*

¹¹¹ C. BONNEUIL, « Der Historiker und der Planet. Planetaritätsregimes an der Schnittstelle von Welt-Ökologien, ökologischen Reflexivitäten und Geo-Mächten », dans *Gesellschaftstheorie im Anthropozän*, Frankfurt, Campus, 2021, p. 55-92

énoncés qui l'auraient anticipé et selon quelle rationalité étaient-ils formulés ? » Cette question suppose néanmoins que ces anticipations, ou alors ces anticipations que l'on découvrirait fausses aujourd'hui, ne remettent pas en cause la nouveauté de l'énoncé actuel pour deux principales raisons : soit ils restent l'affaire de quelques lumières isolées, soit ils restent structurellement incommensurables à nos propres rationalités.

Or la question que nous souhaitons poser n'est pas celle des ancêtres de la notion d'Anthropocène. Il ne s'agit pas d'établir un arbre généalogique mais plutôt voir *jusqu'à quel point il est possible de maximiser la vie des énoncés* au sens explicité plus haut – jusqu'à quel point il est possible que les énoncés suscitent en nous l'étonnement, le décalage par rapport à notre conception du temps et peut-être un certain vertige quant à nos diagnostics. Pour ce faire, cette partie se contente simplement de faire un point historiographique sur les énoncés de savoirs dont l'objet est de qualifier les conséquences de l'agir humain sur la Terre, dans sa globalité. Nécessairement, nous revisitons les prétendus « précurseurs », mais en prenant garde à en désactiver leur caractère solitaire, détaché du sens commun de leur époque¹¹². L'intention générale s'écarte de toute volonté de mettre en lumière des filiations, même par la notion plus socio-historique de « précurSION », mais s'attache à contribuer à caractériser une formation discursive qui, tout comme les strates géologiques, est de nature hétérogène tout en pouvant être interrogée quant aux relations que forment ces hétérogénéités entre elles.

Bien entendu, il existe depuis l'Antiquité des écrits concernant l'influence des actions humaines ou ce qui en constitue les alentours vivants ; Platon, Lucrèce, Pline l'Ancien, Sénèque ou encore Strabon ont écrit sur la déforestation ou plus généralement sur la dégradation de leurs milieux de vie¹¹³. Mais cette partie n'entend pas revenir sur l'histoire générale des conceptions de la Terre, pas plus que sur celle de la conception de l'humanité, mais plutôt sur les motifs multiples de la relation entre les deux termes au sein d'une frange des savoirs modernes. Cette relation apparaît comme univoque, unidirectionnelle, dans la mesure où il s'agit de l'action humaine sur ce qui apparaît comme son lieu d'application. Ici, les savoirs s'intéressant au climat et à la Terre dans une perspective narrative seront davantage développés que d'autres, notamment que la géographie qui, quoiqu'elle thématise très tôt l'emprise humaine sur le globe, ne formule que peu de récits proprement géologiques. De plus, il nous a semblé que les savoirs

¹¹² Il va sans dire que les travaux d'études des sciences ont depuis plusieurs décennies pris en charge ce problème. Il ne s'agit pas ici de dire que nous innovons dans cette voie, mais simplement que nous nous inscrivons dans une critique du précurseur désormais bien connue.

¹¹³ P. VOISIN et L. de CHANTAL, *Écolo (ÉcolΩ) : Écologie et environnement en Grèce et à Rome*, Paris, Les Belles Lettres, 2014. On ne peut donc affirmer que « L'anecdote platonicienne est l'un des rares textes antiques connus montrant une préoccupation environnementale. » A. FEDERAU, *Pour une philosophie de l'Anthropocène*, Paris, Presses universitaires de France, 2017, p. 149

du climat prenant en compte la question de l'effet de serre, mais aussi ceux de la géologie étaient les moins explorés par l'historiographie. En revenant sur les éléments d'historicité de cette relation il sera possible de caractériser un type d'expérience narrative qui s'y trame. Ce faisant, nous pourrions mettre en lumière l'existence d'une réflexivité géologique de la modernité et questionner nos propres récits de l'Anthropocène.

L'avènement du CO₂ et l'agir climatique

On observera, dans les divers lieux du globe, les températures du sol à diverses profondeurs, l'intensité de la chaleur solaire, et ses effets, ou constants ou variables, dans l'atmosphère, dans l'Océan et les lacs ; et l'on connaîtra cette température constante du Gel, qui est propre aux régions planétaires. La théorie elle-même dirigera toutes ces mesures, et en assignera la précision. Elle ne peut faire désormais aucun progrès considérable qui ne soit fondé sur ces expériences ; car l'analyse mathématique peut déduire des phénomènes généraux et simples l'expression des lois de la nature ; mais l'application spéciale de ces lois à des effets très composés exige une longue suite d'observations exactes¹¹⁴.

— Joseph Fourier, 1822

Comme l'ont montré Fressoz et Locher, le XIX^e siècle est marqué par « la question du cycle du carbone — et de manière subsidiaire celle de l'industrie dans celui-ci ». « Certains s'occupent de chimie agricole et traquent les éléments constitutifs des récoltes ; d'autres étudient la flore du Carbonifère ou la formation des roches sédimentaires ; d'autres encore essaient d'expliquer la stabilité de l'atmosphère ou de prouver l'existence de Dieu¹¹⁵. » Les grandes lignes de l'histoire qui conduit à désigner le CO₂ comme facteur de changement climatique, ou comme thermostat global, sont désormais bien connues. Ce récit est généralement construit sur l'évolution de la physique énergétique, de la chimie atmosphérique

¹¹⁴ J. B. J. FOURIER, *Théorie analytique de la chaleur*, Paris, Firmin Didot, père et fils, 1822, p. xxi-xxii

¹¹⁵ J.-B. FRESSOZ et F. LOCHER, *Les révoltes du ciel. Une histoire du changement climatique XVe-XXe siècles*, *op. cit.*

du XIXe siècle, puis de la météorologie et de l'histoire du climat au début du XXe siècle ; mais surtout sur des noms et des écrits de Joseph Fourier (1768-1830), John Tyndall (1820-1893), Svante Arrhenius (1859-1927), Thomas Chamberlin (1843-1928). Ce récit a l'inconvénient de relire des œuvres – et parfois certains textes de ces œuvres – soit comme pionnières, soit au contraire comme propositions incommensurables aux savoirs climatiques contemporains ; c'est-à-dire de les assigner à un domaine de véridicité historique¹¹⁶. Or il s'agit ici de désactiver l'affirmation arbitraire d'un progressisme scientifique exaltant soit la prescience des discours passés, soit la sagacité des résultats contemporains. Une telle entreprise nécessiterait sans doute un travail beaucoup plus complet¹¹⁷, aussi nous nous limitons ici à la relecture de ces œuvres à l'aune de la question de l'action humaine sans pour autant juger de leur valeur épistémologique : il s'agit d'abord de restituer un réseau d'énoncés, constituant des positivités situées, en prenant le temps de s'arrêter sur ces précurseurs pour les faire sortir de leur fonction d'appui habituel au récit positiviste.

La question à laquelle il s'agit de répondre pour les scientifiques intéressés par l'évolution du climat, et notamment l'influence du CO₂ sur celui-ci, est apparue au début du XIXe siècle suite aux travaux du géologue suisse Louis Agassiz et de ses collègues. Dans un contexte où l'histoire de la Terre est de plus en plus considérée comme une lente et impassible progression, voire une répétition, engendrée par des causes actuelles, l'hypothèse selon laquelle la Terre a été par le passé le siège de vastes épisodes de glaciation devient alors une puissante énigme. Une série de questions s'imposent aux géo-savants : « Pourquoi le climat changerait-il à travers l'Europe et l'Amérique du Nord ? Comment est-il possible qu'il change si drastiquement qu'un pays montagneux comme la Suisse ressemble aux calottes glaciaires du Groenland ? Et, plus important, qu'est-ce qui pourrait être à l'origine de ces glaciations massives du passé, et qu'est-ce qui pourrait les rendre une nouvelle fois possibles dans le futur¹¹⁸ ? » En effet, non seulement il y aurait eu *un* âge glaciaire, mais, dès Agassiz, les géologues entrevoyaient la possibilité que la géohistoire dissimule encore de nombreux événements climatiques catastrophiques, c'est-à-dire aux conséquences vastes et rapides¹¹⁹.

¹¹⁶ Cette tendance se retrouve à la fois chez Weart et Fleming.

¹¹⁷ Dans le genre de celui que mènent Fressoz et Locher. J.-B. FRESSOZ et F. LOCHER, *Les révoltes du ciel. Une histoire du changement climatique XVe-XXe siècles*, op. cit. Au sujet du récit de l'évènement du CO₂, ces derniers estiment : « L'histoire des précurseurs du changement climatique secrète une vision doublement positiviste des enjeux environnementaux contemporains : elle donne l'impression que l'alerte climatique a découlé spontanément des avancées de la science et que le changement climatique a été « découvert » par une poignée de grands savants héroïques. Il faudrait en somme que le réchauffement ait eu son Galilée ». *Ibid.*, p. 225

¹¹⁸ J. P. HOWE, « Getting Past the Greenhouse : John Tyndall and the Nineteenth-Century History of Climate Change », dans B. V. Lightman et M. S. Reidy (éd.), *The Age of Scientific Naturalism: Tyndall and his Contemporaries*, London ; Brookfield, Vermont, Pickering & Chatto, 2014, p. 38-39

¹¹⁹ M. J. S. RUDWICK, *Worlds Before Adam: The Reconstruction of Geohistory in the Age of Reform*,

Contrairement à l'événement du Déluge dont l'existence ne posait pas question quoique ses origines, profanes ou transcendantes, fussent discutées, l'avènement des âges glaciaires introduit la possibilité d'un événement pur dans l'histoire de la Terre : événement à la fois pour la Terre elle-même mais aussi pour les savoirs de la Terre naissant. Selon Martin Rudwick, les âges glaciaires n'étaient compatibles avec aucune des « géothéories » expliquant le comportement de la Terre à grande échelle : ni l'uniformitarisme, ni la théorie du refroidissement laplacienne¹²⁰.

De façon tout à fait habile, Fleming rend compte non seulement des théories du changement climatique, mais aussi de la réflexivité sur la diversité même de ces théories. En réalisant une synthèse d'un article du météorologue britannique Charles Brooks datant de 1950, Fleming met en évidence l'irrésolution de la question des âges glaciaires jusqu'au milieu du XXe siècle (Tableau 5). Cet article n'est lui-même qu'un exemple pris au sein d'un vaste ensemble de travaux qui témoigne de sa forte réflexivité épistémique¹²¹.

Chicago, University of Chicago Press, 2010, p. 517-533

¹²⁰ *Ibid.*, p. 551

¹²¹ On peut citer par exemple : H. W. AHLMANN, « The Present Climatic Fluctuation », *The Geographical Journal*, vol. 112, n° 4/6, 1948, p. 165-193 ; G. MANLEY, « Climatic Fluctuations: A Review », *Geographical Review*, vol. 41, n° 4, [American Geographical Society, Wiley], 1951, p. 656-660 ; H. W. AHLMANN, *Glacier variations and climatic fluctuations*, New York, American Geographical Society, 1953 ; H. SHAPELY, *Climatic Change : Evidence, Causes, and Effects*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 1953 ; P. PÉDELABORDE, « Les oscillations climatiques », *L'Information Géographique*, vol. 21, n° 4, 1957, p. 154-159 ; M. SCHWARZBACH, *Climates Of The Past: An Introduction to Paleoclimatology*, R. O. Muir (trad.), London, Van Nostrand Company, 1963. De telles revues existent bien antérieurement, voir par exemple LUIGI DE MARCHI, *Le cause dell'era glaciale: ricerca teorica delle condizioni che determinano ...*, s. l., Fusi, 1895

Theory	Author
Changes in elements of the Earth's orbit	Adhémar (1842), Croll (1864, 1875), Drayson (1873), Ekholm (1901), Spitaler (1907), Milanković (1920, 1930, 1941)
Changes of solar radiation	Dubois (1895), Simpson (1930, 1934, 1939–40), Himpel (1937), Hoyle and Lyttleton (1939)
Lunar-solar tidal influences	Pettersson (1914)
Elevation of land masses—mountain building	Lyell (1830–33), Wright (1890), Ramsay (1909–10, 1924), Brooks (1926, 1949)
Changes in atmospheric circulation	Harmer (1901, 1925), Gregory (1908), Hobbs (1926), Flint and Dorsey (1945)
Changes in oceanic circulation	Croll (1875), Hull (1897), Chamberlin (1899), Brooks (1925), Lasareff (1929)
Changes in continent-ocean distribution	Czerney (1881), Harmer (1901, 1925), Gregory (1908), Brooks (1926), Willis (1932)
Changes in atmospheric composition	Arrhenius (1896), Chamberlin (1897, 1899), Ekholm (1901), Callendar (1938, 1939)
Volcanic dust in the atmosphere	Humphreys (1913, 1920), Abbot and Fowle (1913)
Cosmic dust theory	Hoyle and Lyttleton (1939), Himpel (1947)
Sunspot theory	Czerny (1881), Huntington (1915), Huntington and Visher (1922)
Polar migration and continental drift theory	Kreichgauer (1902), Wegener (1920), Köppen and Wegener (1924)

Tableau 5 – Théories expliquant les changements climatiques courantes au XXe siècle selon Brooks 1950, établie par Fleming¹²².

Ainsi, cette question de l'origine des âges glaciaires mobilise à la fois Fourier¹²³, Tyndall, Arrhenius, Chamberlin et Callendar quoique, pour ce dernier, de manière minoritaire. En réalité, elle mobilise bien au-delà à tel point qu'elle est sans doute une des plus importantes questions qui travaillent les savoirs de la Terre du XIXe siècle à la moitié du XXe siècle. Et c'est dans ce cadre-là que se retrouvent la plupart des théories du changement climatique. Elles se déploient suivant trois axes : astronomie, géologie, chimie atmosphérique¹²⁴.

¹²² J. R. FLEMING, *Historical Perspectives on Climate Change*, New York, Oxford University Press, 1998, p. 109, fondé sur C. E. P. BROOKS, *Climate Through the Ages*, London, Ernest Benn Limited, 1950

¹²³ Celui-ci est peut-être le premier à se demander, dans le cadre d'une théorie de la chaleur qui rend compte du refroidissement séculaire de la Terre, ce qui peut rendre compte des âges glaciaires. Il y répond par les différences de chaleur de l'espace interplanétaire que la Terre traverse le long de son voyage spatial.

¹²⁴ J. R. FLEMING, *Historical Perspectives on Climate Change*, *op. cit.*, p. 83

2.1 Civiliser le climat

Avant d'en venir aux formes de réflexivités climatiques dont les savoirs contemporains héritent directement, il convient de rappeler quelques éléments au sujet de l'histoire longue des savoirs climatiques. D'une part, cela permet de souligner la profondeur historique de l'idée d'une modification humaine du climat, y compris dans sa globalité, et d'autre part, cela permet, par contraste, d'éclairer les savoirs climatiques qui succèdent durant le XIXe siècle.

Le célèbre naturaliste Georges-Louis Leclerc, comte de Buffon, fait partie des « précurseurs » de l'Anthropocène les plus fréquemment cités. A tel point qu'en 2018, une édition en langue anglaise est parue aux *University of Chicago Press*, préfacée par quatre acteurs proches de l'effervescence qui accompagne la notion d'Anthropocène : Jan Zalasiewicz, Sverker Sörlin, Libby Robin, et Jacques Grinevald¹²⁵. Buffon propose à la fin du XVIIIe une théorie de la formation de la Terre dont le principe veut qu'elle soit une gigantesque boule ardente se refroidissant inexorablement. C'est d'abord dans son *Histoire naturelle*, que Buffon expose l'idée selon laquelle l'action anthropique est capable de réchauffer le climat¹²⁶. Dans *Les Epoquees de la nature*, il avance l'idée selon laquelle l'« intelligence », « plus grand caractère de [la] puissance [de l'humanité] sur la Nature », a « changé la face de la Terre, convertis les déserts en guérets et les bruyères en épis¹²⁷. » C'est par la transformation des plantes et des animaux, qu'une telle conquête est rendue possible mais aussi par le défrichement :

Rien ne paroît plus difficile, pour ne pas dire impossible, que de s'opposer au refroidissement successif de la Terre et de réchauffer la température d'un climat ; cependant l'homme le peut faire et l'a fait. [...] Assainir, défricher et peupler un pays, c'est lui rendre de la chaleur pour plusieurs milliers d'années, et ceci prévient la seule objection raisonnable que l'on puisse faire contre mon opinion, ou pour mieux dire, contre le fait réel du refroidissement de la Terre¹²⁸.

De tels propos ne sont pourtant pas exceptionnels dans le contexte du XVIIIe siècle. D'abord parce que la relation entre l'action humaine et le climat constitue un enjeu de savoir et

¹²⁵ G.-L. LECLERC, *The Epochs of Nature*, J. Zalasiewicz, M. Zalasiewicz et A.-S. Milon (trad.), Chicago, University of Chicago Press, 2018

¹²⁶ Fressoz et Locher mentionnent notamment la notice sur l'élan et le renne du volume 12 de l'*Histoire naturelle* G. L. L. de BUFFON, *Histoire naturelle générale et particulière*, Paris, Imprimerie royale, 1764, vol. 12. Cependant, les auteurs soulignent qu'il s'agit d'un caractère présent dès G. L. L. de BUFFON, *Histoire naturelle générale et particulière*, Paris, Imprimerie royale, 1759, vol. 1. J.-B. FRESSOZ et F. LOCHER, « L'agir humain sur le climat et la naissance de la climatologie historique, XVIIe-XVIIIe siècles », *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, n° 62-1, 11 juin 2015, p. 61

¹²⁷ G. L. L. de BUFFON, *Les époquees de la nature*, Paris, Imprimerie royale, 1780, p. 203

¹²⁸ *Ibid.*, p. 190

de pouvoir depuis les débuts de la modernité dès le XVe siècle. En effet, comme le montrent Fressoz et Locher dans un ouvrage récent, on trouve de nombreuses traces de ces questions dès les problèmes qui parsèment la colonisation de nouveaux territoires par les Européens, à commencer par celui du nouveau monde. L'agir climatique est au moins depuis cette époque un objet de débats et de controverses, mais aussi d'épisodes d'inquiétudes, y compris relayées dans les arènes politiques comme durant la Révolution Française¹²⁹.

On reconnaît alors deux principales formes d'action à travers lesquelles l'humanité est susceptible d'influencer le climat : l'action sur la répartition des eaux (assèchement ou irrigation) et l'action sur la forêt (reboisement, défrichage, etc.). Ainsi, le climat européen est-il réputé doux car civilisé par l'activité humaine, *a contrario* le climat d'Amérique du Nord reste quant à lui rude et sauvage¹³⁰. A cette dualité répond une autre : le changement climatique peut tout autant se présenter comme une menace que comme un bénéfice, que l'on peut chercher à obtenir. On parle alors d'« amélioration » (*Improvement*). Comme le montre l'historienne Anya Zilberstein, la notion d'« amélioration », comme agir anthropique sur le climat, est d'une préoccupation partagée entre l'Europe et les colons du Nouveau monde¹³¹. De Franklin à Jefferson en passant par Hume, Boyle et Montesquieu, l'action dite civilisatrice consiste alors à mettre en adéquation tout un ensemble de conditions : l'agencement des êtres et des relations qui participent au milieu humain (espèces domestiques, variétés cultivées, précipitation, ensoleillement) et un ordonnancement social. Celui-ci est alors pensé en opposition à l'action des petits fermiers colons autant qu'aux habitants qui les précèdent ; il faut inventer de nouvelles techniques reposant sur le déploiement d'une large population mais aussi sur le développement culturel¹³². Comme le remarque Fleming, l'idée que l'on devait œuvrer pour assainir le climat a fini par appartenir à l'idéal de la jeune nation états-unienne – quoique cette idée ne fût pas consensus¹³³.

Fressoz et Locher montrent que l'intérêt scientifique pour ce changement climatique n'a émergé qu'à partir de la fin du XVIIe siècle au Royaume Uni, notamment sous l'impulsion de Robert Boyle¹³⁴. Cependant, le temps fort de cette thèse s'étend de la seconde moitié du

¹²⁹ J.-B. FRESSOZ et F. LOCHER, *Les révoltes du ciel. Une histoire du changement climatique XVe-XXe siècles*, *op. cit.*

¹³⁰ F. LOCHER et J.-B. FRESSOZ, « L'espoir et l'effroi. Les entreprises agricoles face au changement climatique (XVIIe-XIXe siècle) », *Entreprises et histoire*, n° 86, n° 1, 18 juillet 2017, p. 22-24

¹³¹ A. ZILBERSTEIN, *A Temperate Empire: Making Climate Change in Early America*, New York, OUP USA, 2016

¹³² *Ibid.*, p. 4-5

¹³³ J. R. FLEMING, *Historical Perspectives on Climate Change*, *op. cit.*, p. 32

¹³⁴ J.-B. FRESSOZ et F. LOCHER, « L'agir humain sur le climat et la naissance de la climatologie historique, XVIIe-XVIIIe siècles », *op. cit.*, p. 54-56. Les auteurs remarquent que cet intérêt n'a cependant émergé en France qu'au cours de la décennie 1740. Voir *Ibid.*, p. 56

XVIIIe siècle à la moitié du XIXe siècle, et Buffon en est une illustration. L'intérêt scientifique n'est pas seulement un sujet d'investissement théorique, il s'incarne également par des relevés, qui forment les premières mesures régulières de ce qui est aujourd'hui appelé climat, par des analyses statistiques de ces relevés et des événements extraordinaires, et enfin par l'attention portée aux « proxys », c'est-à-dire des objets pouvant fournir des informations *ad hoc* sur le climat (glaciers, fleuves, végétation, événements extrêmes)¹³⁵.

Comme le remarque Zilberstein, il est évident que les acteurs de cette époque ne disposaient pas d'information précises sur le climat, au sens où nous l'entendons, c'est-à-dire à des échelles de temps et d'espace importantes. Par exemple, il était admis au XVIIIe siècle, comme les travaux de Buffon le suggéraient, que la Terre s'était refroidie sur le temps long – par conséquent l'idée d'un Petit Age glaciaire leur était inconnue¹³⁶. Malgré tout, les aubaines ou les menaces du changement climatique sont alors prises au sérieux, notamment sur les territoires coloniaux. Cette tendance se poursuit d'ailleurs au cours le XIXe siècle. Diana K. Davis a par exemple montré comment les connaissances portant sur le climat ont été utilisées par les acteurs du colonialisme français au Maghreb à partir des années 1860. Cette alliance s'appuyait sur une théorie selon laquelle les pratiques des paysans locaux avaient pu engendrer la perte du « grenier de Rome ». Ce genre de théorie lie climat, action et tempérament humains avec la question des forêts – certains traits de cette théorie persistent d'ailleurs encore aujourd'hui à travers le concept de désertification¹³⁷.

Pour conclure, entre le XVIIIe et le XIXe siècle, c'est-à-dire lors du développement conjoint des sciences modernes et de la colonisation du monde par les Européens, « [...] c'est en référence au climat et à ses transformations que les sociétés occidentales ont pensé leur rapport à l'environnement, et leur responsabilité dans la transformation conjointe de la nature et de leurs propres formes de vie¹³⁸. » Comme l'affirme Fressoz : « Pour le dire vite, au XVIIIe, l'homme fait le climat qui en retour fait l'homme »¹³⁹. D'une certaine manière, il est vrai que la thèse de l'influence de l'action humaine sur le cycle de l'eau tombe en désuétude au cours du XIXe siècle. Mais peut-on considérer pour autant que l'action climatique d'origine humaine est par là même évacuée du champ discussif des savoirs de la Terre ? Et qu'en est-il du

¹³⁵ J.-B. FRESSOZ et F. LOCHER, « L'agir humain sur le climat et la naissance de la climatologie historique, XVIIe-XVIIIe siècles », *op. cit.*, p. 63-76. Bien entendu, la question du changement climatique d'origine anthropique est sujet à controverse, mais les voix opposées restent plutôt minoritaires.

¹³⁶ A. ZILBERSTEIN, *A Temperate Empire*, *op. cit.*, p. 4

¹³⁷ D. K. DAVIS, *Les mythes environnementaux de la colonisation française au Maghreb*, G. Quenet (trad.), Seyssel, Champ vallon, 2012

¹³⁸ J.-B. FRESSOZ et F. LOCHER, « Le climat fragile de la modernité », *La Vie des idées*, 20 avril 2010

¹³⁹ J.-B. FRESSOZ, « Eugène Huzar et la genèse de la société du risque », *op. cit.*, p. 28

présupposé selon lequel le naturalisme se prévaudrait d'un rejet de la question humaine hors de ses positivités ?

2.2 Fourier

Lorsque Joseph Fourier systématise sa théorie de la propagation de la chaleur, notamment dans sa *Théorie analytique de la chaleur* en 1822¹⁴⁰, il a déjà vécu plusieurs vies. Révolutionnaire, égyptologue et proche de Napoléon Bonaparte, il fût aussi secrétaire de l'académie des sciences. Plus connu aujourd'hui pour sa méthode de décomposition des fonctions en séries trigonométriques (transformation de Fourier), ses travaux s'inscrivent dans le sillage de Laplace et de l'Ecole d'Arcueil dont l'ambition est d'appliquer le programme newtonien à toute la physique. Fourier estime que ses recherches sont utiles à « l'économie civile », car susceptibles de contribuer aux « progrès des arts qui exigent l'emploi et la distribution du feu », ainsi qu'à la compréhension du « système du monde »¹⁴¹. Fourier fait partie des auteurs fréquemment positionnés au début de la longue série des scientifiques découvrant la question des gaz à effet de serre et, incidemment, celle de l'influence de ces derniers sur le climat¹⁴². Généralement, il est rappelé que Fourier propose un bilan énergétique de l'atmosphère terrestre pour constater qu'un tel bilan, s'il ne prend pas en compte l'action de l'atmosphère, aboutit à une température globale bien inférieure à celle qui est empiriquement observée. L'action thermique de l'atmosphère consiste alors à conserver de la chaleur, en retenant une partie du rayonnement infrarouge, que Fourier nomme « chaleur obscure », provenant de la réponse de la surface terrestre au rayonnement solaire incident sur la planète.

C'est cette action que nous nommons aujourd'hui « effet de serre »¹⁴³. Cependant, comme le rappelle Fleming, ce récit omet souvent une partie de la conception de Fourier. En effet, du point de vue exogène, la température terrestre dépend non seulement du rayonnement solaire mais aussi du rayonnement provenant de ce qu'il nomme « l'espace planétaire ». Celui-

¹⁴⁰ J. B. J. FOURIER, *Théorie analytique de la chaleur*, *op. cit.*

¹⁴¹ *Ibid.*, p. iv

¹⁴² Dans son histoire du changement climatique, Fleming rappelle que Fourier a abondamment été cité par les scientifiques contemporains, de Revelle à Ramanathan en passant par Michael Oppenheimer et Robert Boyle, en tant que pionnier de la découverte de l'effet de serre – tout en estimant qu'un tel jugement est erroné. J. R. FLEMING, *Historical Perspectives on Climate Change*, *op. cit.*, p. 56-58.

¹⁴³ « La Terre reçoit les rayons du Soleil, qui pénètrent sa masse et s'y convertissent en chaleur obscure; elle possède aussi une chaleur propre qu'elle tient de son origine, et qui se dissipe continuellement à la superficie; enfin, cette planète reçoit des rayons de lumière et de chaleur des astres innombrables parmi lesquels le système solaire est placé. Voilà les trois causes générales qui déterminent les températures terrestres. » J. B. J. FOURIER, « Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires », dans *Œuvres de Fourier*, Paris, Gauthier-Villars et fils, 1888, vol. 2, p. 120

ci émane de la multitude d'astres qui s'y trouvent et dont la température est un peu inférieure aux températures polaires¹⁴⁴. Du point de vue endogène, c'est la chaleur que dégage la croûte terrestre qui compte. Fleming y voit une minimisation de l'importance de l'effet de serre : « pour Fourier, la « température de l'espace » était bien plus importante que l'effet de serre dans le contrôle des températures terrestres »¹⁴⁵. Cependant, c'est omettre que cela n'est vrai que du point de vue de leur contribution absolue : la température résultant de la chaleur provenant de l'espace est de l'ordre de -60 °C, donc très importante par rapport au zéro absolu (notion alors non-formalisée comme telle mais correspondant à l'absence de pression dans les gaz), mais elle n'est guère suffisante pour les besoins des vivants. En effet, la vie ne peut se contenter d'une température polaire. Par conséquent, relativement aux besoins de la vie, l'effet de serre est bien déterminant.

En remarquant que « l'examen de cette grande question exigerait des observations exactes et multipliées, qui n'ont point encore été faites », Fourier admet les limites de son approche. Mais il estime dans le même temps que sa théorie physico-mathématique peut éclairer dans sa généralité la propagation de la chaleur à l'échelle du globe et les mesures jusqu'ici réalisées¹⁴⁶. Pour commencer, il faut noter que, pour Fourier, la question de la température du globe terrestre n'est pas un accident de sa recherche mais en constitue au contraire un thème central. « Aucune branche de l'étude de la nature ne nous intéresse davantage, et ne peut nous offrir un sujet plus digne de nos recherches », déclare-t-il dans sa *Théorie du mouvement de la chaleur dans les corps solides*, publiée en 1826 dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences*. Ce thème signalé dès son mémoire de 1807¹⁴⁷ est réitéré dans un mémoire abordant directement la question de la température planétaire, publié entre 1824 et 1827, respectivement dans les *Annales de chimie et de physique* et dans les *Mémoires de l'Académie des sciences*. « La question des températures terrestres », nous dit Fourier est « l'une des plus importantes et des plus difficiles de toute la Philosophie naturelle »¹⁴⁸. Mieux, cette question est vue chez Fourier comme la motivation principale de ses travaux : « La question des températures terrestres m'a toujours paru un des plus grands objets des études cosmologiques, et je l'avais principalement

¹⁴⁴ J. FOURIER, « Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires », *Annales de chimie et de physique*, vol. 27, 1827, p. 100

¹⁴⁵ J. R. FLEMING, *Historical Perspectives on Climate Change*, *op. cit.*, p. 64

¹⁴⁶ J. B. J. FOURIER, « Théorie du mouvement de la chaleur dans les corps solides », dans *Œuvres de Fourier*, Paris, Gauthier-Villars et fils, 1888, vol. 2, p. 3

¹⁴⁷ Plus exactement, Fourier écrit ce mémoire, intitulé « Mémoire sur la propagation de la chaleur » qu'il présente en 1807 à l'Institut de France et dont il publie un extrait dans le *Bulletin de la Société philomathique* l'année suivante. Des notes sont par la suite publiées en 1808 et 1809. Voir J. B. J. FOURIER, *Œuvres de Fourier*, G. Darboux (éd.), Paris, Gauthier-Villars et fils, 1888, vol. 2, p. 94.

¹⁴⁸ J. B. J. FOURIER, « Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires », *op. cit.*, p. 97

en vue en établissant la théorie mathématique de la chaleur¹⁴⁹. » Ainsi, ses nombreux apports dans le domaine du transport de la chaleur apparaissent comme un détour nécessaire pour répondre à ce qu'il semble percevoir comme sa grande question.

Fourier adopte le cadre général de la théorie du refroidissement que Laplace formule à la même époque¹⁵⁰ ; aussi cette idée constitue-t-elle un des premiers principes de sa science planétaire. La durée de ce refroidissement séculier et inéluctable est bien supérieure à celle de l'histoire connue si bien que « depuis l'école grecque d'Alexandrie jusqu'à nous, la température de la surface terrestre n'a pas diminué, pour cette cause, de la trois-centième partie d'un degré ». Cependant, pour Fourier ce refroidissement s'est achevé à la surface terrestre, quoiqu'il se poursuive bien en son intérieur¹⁵¹, et la chaleur qui en émane reste négligeable pour le temps historique et l'action humaine. C'est ici que la question d'un changement climatique commensurable avec le temps historique intervient.

Si l'on juge les propos de Fourier du point de vue de leur extension, la seule variation possible viendrait des variations du rayonnement solaire et du rayonnement de l'espace – car, selon lui, ce dernier exerce une influence non-négligeable sur l'équilibre thermique de la Terre. Cependant, Fourier remarque à plusieurs reprises qu'il existe une source d'action endogène à la planète, capable de s'introduire dans le bilan thermique et d'en changer le ballant. Dans son *Mémoire sur les températures du globe terrestre*, il remarque :

L'établissement et le progrès des sociétés humaines, l'action des forces naturelles peuvent changer notablement, et dans de vastes contrées, l'état de la surface du sol, la distribution des eaux et les grands mouvements de l'air. De tels effets sont propres à faire varier, dans le cours de plusieurs siècles, le degré de la chaleur moyenne ; car les expressions analytiques comprennent des coefficients qui se rapportent à l'état superficiel et qui influent beaucoup sur la valeur de la température¹⁵².

Dans son *Mémoire sur le refroidissement séculaire du globe terrestre*, Fourier avance un argument similaire :

Or cet état de la superficie [terrestre] peut subir, par les travaux des hommes, ou par la seule action de la nature, des altérations accidentelles qui s'étendent à de vastes territoires : ces causes influent progressivement sur la température moyenne des climats. On ne peut douter que les résultats n'en soient sensibles, tandis que l'effet de refroidissement du globe est devenu inappréciable. La hauteur du sol, sa configuration, sa nature, l'état superficiel, la présence et l'étendue des eaux, la

¹⁴⁹ *Ibid.*, p. 114

¹⁵⁰ M. J. S. RUDWICK, *Worlds before Adam*, *op. cit.*, p. 124. Il y a bien aussi un refroidissement chez Buffon, mais le cadre de Laplace, l'« hypothèse nébulaire » est différent : les planètes seraient le produit de la condensation d'une formation gazeuse issue du Soleil.

¹⁵¹ J. B. J. FOURIER, « Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires », *op. cit.*, p. 115

¹⁵² *Ibid.*, p. 116

direction des vents, la situation des mers voisines, concourent, avec les positions géographiques, à déterminer les températures des climats. C'est à des causes semblables, et non à l'inégale durée des saisons, que se rapporteraient les différences observées dans les températures des deux hémisphères¹⁵³.

Il apparaît par conséquent que, chez Fourier, l'action humaine peut modifier la température terrestre au même titre que les « forces naturelles » capables de modifier la géographie de la Terre. Cette action ne modifie pas la composition chimique de l'atmosphère, mais le fait plutôt par l'intervention humaine sur la capacité calorifique de la Terre en tant que propension à convertir, selon les termes de Fourier, le rayonnement solaire en « chaleur obscure », par la suite accumulée dans l'atmosphère. De ce point de vue, Fourier s'inscrit tout à fait dans l'histoire de l'agir climatique de l'humanité précédemment décrit, avant d'être un pionnier du savoir climatique contemporain. Dans une perspective d'épistémologie normative, c'est-à-dire jugé d'après les besoins de lucidité sur l'actualité du savoir climatique contemporain, il lui manque, *a minima*, des notions de chimie concernant les gaz et un intérêt pour la mesure des activités humaines afférentes, quoiqu'il indique que c'est à la fois l'eau (des lacs aux océans) et l'air qui véhiculent la « chaleur obscure ». Mais ce qui nous semble intéressant ici, c'est moins ce qui manque que l'apparition de l'action humaine sur le climat. Rétrospectivement, on peut alors se demander non pas si Fourier a bien ou mal anticipé l'effet de serre, ou encore s'il est un précurseur de la notion d'Anthropocène, mais pourquoi, alors que la question qui l'anime est celle de la température terrestre, il ne l'a pas exploré davantage ; non pas pour lui prêter nos préoccupations contemporaines ; non pas pour le faire rétrospectivement toucher du doigt notre vérité, mais pour lui-même, dans son système, étant donné ses propres préoccupations et celles de son époque¹⁵⁴.

Une telle question pourrait elle-même animer une autre recherche. Ici nous nous bornons à la poser et à y répondre par une double suggestion : d'abord la question de la température terrestre devient avec Fourier une question cosmologique dont les enjeux cardinaux sont la température de l'espace et celle du soleil. C'est une manière de s'inscrire dans les pas de Newton, tout comme Lyell souhaite le faire à la même époque pour la géologie, avec le style

¹⁵³ J. B. J. FOURIER, « Mémoire sur le refroidissement séculaire du globe terrestre », dans *Œuvres de Fourier*, Paris, Gauthier-Villars et fils, 1888, vol. 2, p. 286

¹⁵⁴ Fleming remarque judicieusement que la notion de « chaleur obscure » pourrait faire l'objet d'une enquête historique plus profonde, en remontant au moins depuis l'héliothermomètre de Saussure. J. R. FLEMING, *Historical Perspectives on Climate Change*, *op. cit.*, p. 61-62. Dans le cas de Fourier, on peut se demander en effet pourquoi il ne cherche pas à produire une estimation physicomathématique des « altérations » qui « influent progressivement sur la température moyenne des climats ». En effet, d'une part la température du globe est le sujet central de ses recherches et d'autre part il estime que ces effets sont bien « sensibles ». Il ne nous semble pas, alors, qu'il s'agisse d'une question de *whig historian*.

de physique mathématique, porté à l'époque en France par l'École d'Arcueil. De plus, connexe à cette ligne cosmologique, Fourier ne s'engage pas dans une théorie du changement climatique qui le rapprocherait d'une géographie ou d'une géologie historique, en encore moins dans une histoire des climats. Il contribue plutôt à ce qui sera nommé à la fin de son siècle la géophysique : un savoir appréhendant la Terre comme espace total de phénomènes que la physique met en évidence dans ses laboratoires et applique dans les industries¹⁵⁵. De ce point de vue, rappelle Joshua Howe, les mobilisations de Fourier depuis la question contemporaine l'Anthropocène comporte le risque de déraciner ses travaux du sol physicomathématique de son époque¹⁵⁶.

Dans cette ligne physicomathématique, la proposition de Fourier est reprise et approfondie au milieu du XIXe siècle, notamment par les physiciens français intéressés par l'astronomie et la physique de la chaleur, domaine pas encore divisé en thermodynamique et physique ondulatoire. Pierre-Simon Laplace (à la fin de sa vie), Siméon-Denis Poisson et Claude Pouillet font partie de ces acteurs dont l'intérêt est avant tout cosmologique : la question de la chaleur de l'espace (et de ses variations, réputées importantes mais lentes) y est centrale, tout autant que celle de la trajectoire de la Terre dans l'espace et de son éloignement par rapport au Soleil¹⁵⁷. La variation des climats sur le temps long est saisie depuis cette perspective quoique certaines études s'interrogent sur l'influence des courants océaniques et de la disposition des continents¹⁵⁸.

2.3 Tyndall

Le prolifique physicien d'origine irlandaise John Tyndall reprend la thèse de Fourier au cours des années 1860. Protégé de Faraday, avec qui il partage un talent de démonstration expérimentale, il incarne une figure complexe mais typique des sciences victoriennes. Réputés sans égal, ses cours publics sont très populaires et ses livres se vendent par milliers en Europe

¹⁵⁵ J. P. HOWE, « Getting Past the Greenhouse : John Tyndall and the Nineteenth-Century History of Climate Change », *op. cit.*, p. 37-38

¹⁵⁶ J. P. HOWE, « Getting Past the Greenhouse : John Tyndall and the Nineteenth-Century History of Climate Change », *op. cit.*

¹⁵⁷ PIERRE SIMON LAPLACE, « De la chaleur de la Terre et de la diminution de la durée du jour par son refroidissement », dans *Œuvres de Laplace*, Paris, Imprimerie royale, 1846, vol. 5, p. 70-86 ; S. D. POISSON, *Théorie mathématique de la chaleur*, Paris, Bachelier, 1835 ; C. S. M. POUILLET, *Mémoire sur la chaleur solaire : sur les pouvoirs rayonnants et absorbants de l'air atmosphérique et sur la température de l'espace*, Paris, Bachelier, 1838

¹⁵⁸ Cette seconde suggestion nous vient de W. HOPKINS, « On the Causes Which May Have Produced Changes in the Earth's Superficial Temperature », *Quarterly Journal of the Geological Society*, vol. 8, n° 1-2, 1^{er} février 1852, p. 56-92.

et en Amérique, où il est invité par Joseph Henry et Ralph Waldo Emerson¹⁵⁹. Il publie de nombreux textes à destination de non-spécialistes et promeut une forme de matérialisme spirituel, dans lequel la spiritualité peut être objet de mesure expérimentale, tout en luttant contre l'immixtion des valeurs religieuses traditionnelles dans les sciences et leur transmission¹⁶⁰. Au cours des années 1850, Tyndall s'intéresse à la géologie et notamment à la dynamique des glaciers et à la météorologie tout en pratiquant l'alpinisme dans les Alpes où il est impressionné par les différences de comportements de l'atmosphère¹⁶¹.

Après avoir travaillé sur l'évolution des glaciers, Tyndall met au point le spectrophotomètre à la fin des années 1850. Entre 1859 et 1862, il confirme d'abord la théorie en vigueur selon laquelle l'air est transparent aux rayonnements infrarouges, parce qu'il est principalement constitué d'azote et d'oxygène. Cependant, pour lui, de maigres changements dans la composition chimique de l'atmosphère pourraient avoir été à l'origine de « toutes les modifications du climat que les recherches géologiques révèlent », c'est-à-dire pourraient expliquer les âges glaciaires¹⁶². De quelle nature sont ces changements ? Il s'agit surtout des quantités, même minimes, de vapeur d'eau mais aussi de dioxyde de carbone (Tyndall teste de nombreux autres gaz dont l'éthylène et le parfum)¹⁶³. Dans un passage éloquent, Tyndall souligne que la vapeur d'eau, et par extension le pouvoir radiatif de certains gaz, est cruciale pour l'habitabilité de la Terre :

La vapeur d'eau est une couverture plus nécessaire aux végétaux d'Angleterre que les vêtements le sont à l'Homme. Il est parfaitement certain que plus de dix pour cent du rayonnement provenant de la terre d'Angleterre est capturé à moins de 10 pieds du sol. Ce seul fait suffit à éclairer l'immense influence qu'exerce cette propriété de la valeur d'eau nouvellement découverte sur les phénomènes météorologiques [...] Retirez pour une seule nuit d'été la vapeur d'eau de l'air qui recouvre ce pays [l'Angleterre], et vous détruirez assurément toutes les plantes sensibles au gel¹⁶⁴.

Bien que ces propos semblent entrer en résonance avec la question contemporaine du

¹⁵⁹ M. S. REIDY, « Introduction : John Tyndall Scientific Naturalism and Modes of Communication », dans B. V. Lightman et M. S. Reidy (éd.), *The Age of Scientific Naturalism: Tyndall and His Contemporaries*, London ; Brookfield, Vermont, Pickering & Chatto, 2014, p. 1-13

¹⁶⁰ Ursula DeYoung estime que Tyndall a exercé une influence profonde sur la signification des sciences dans société victorienne. U. DEYOUNG, *A Vision of Modern Science: John Tyndall and the Role of the Scientist in Victorian Culture*, New York, Palgrave Macmillan, 2011

¹⁶¹ J. R. FLEMING, *Historical Perspectives on Climate Change*, *op. cit.*, p. 67

¹⁶² J. TYNDALL, « On the Absorption and Radiation of Heat by Gases and Vapours, and on the Physical Connexion of Radiation, Absorption, and Conduction—The Bakerian Lecture », *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, vol. 22, n° 146, 1^{er} septembre 1861, p. 21

¹⁶³ *Ibid.*, p. 28-29

¹⁶⁴ J. TYNDALL, « On Radiation Through the Earth's Atmosphere », *Journal of The Franklin Institute-engineering and Applied Mathematics*, vol. 77, 1^{er} janvier 1864, p. 413-418

changement climatique, la préoccupation centrale de Tyndall est avant tout de répondre aux questions de la physique de son temps, partagées entre électromagnétisme (dont l'étude porte aussi sur la lumière), théorie atomiste de la matière et thermodynamique. Dans cet ensemble, le rapport entre dissipation et conservation de l'énergie est structurant et les théories traitant de la température terrestre s'inscrivent également dans ces débats. Du point de vue de l'histoire des sciences, la contribution de Tyndall à la compréhension du changement climatique d'origine anthropique concerne davantage, comme pour Fourier, la géophysique que la météorologie ou la climatologie¹⁶⁵.

Sans adhérer à une lecture anhistorique des sciences, on pourrait toutefois s'interroger sur la disqualification des remarques de Tyndall au sujet du climat, et plus généralement sur le statut de ce que l'on peut percevoir comme des incises dans le discours scientifique. Car le rappel du contexte énonciatif des propos de Tyndall, à la fois dans l'œuvre et par rapport à son extérieur, pourrait nous porter à conclure qu'elles sont seulement propres à inciter une lecture biaisée de l'histoire des sciences. Cependant, cette critique ne fonctionne que comme antidote à une histoire positiviste des sciences mais véhicule en retour une épistémologie du savoir scientifique, présupposant précisément la nature de ce qu'est un tel savoir. En effet, pourquoi le fait que les propos de Tyndall concernant l'effet du CO₂ sur le climat semblent se trouver à la périphérie de ses travaux, qu'ils ne répondent pas aux normes de justification empirique de son époque, signifierait-il qu'ils seraient moins vrais, ou encore moins scientifiques ? Pour l'affirmer, il faut être équipé d'une conception historiquement calibrée (et non plus irréflexivement présentiste) de ce qu'est un véritable énoncé scientifique – sans doute elle-même dépendante en second ordre de l'actualité de l'histoire des sciences. Or cette adhérence nous semble problématique. Dans le cas présent, on est autorisé à estimer que les propos de Tyndall, même spéculatifs, forment avec ses autres énoncés et les ceux de ses contemporains un réseau cohérent, quoiqu'en évolution. Autrement dit, ils ne sont pas moins vrais et cohérents pour lui, que pour nous qui le lisons en tentant de le comprendre. Et ils ne sont pas moins « scientifiques » : s'ils sont sans doute tissés de manière plus lâche dans le réseau d'actants et d'épreuves que d'autres énoncés, ils ont toutefois un sens du possible que nous pourrions qualifier d'authentiquement scientifique¹⁶⁶.

¹⁶⁵ J. P. HOWE, « Getting Past the Greenhouse : John Tyndall and the Nineteenth-Century History of Climate Change », *op. cit.*

¹⁶⁶ Au sens que Stengers donne du pouvoir de la fiction dans les sciences modernes : « A la différence de la philosophie moderne dominante, à la recherche d'un « sujet » philosophique assez purifié, assez dépouillé de tout ce qui le porte à la fiction, pour offrir cette garantie, les sciences positives n'exigent pas de leurs énoncés qu'ils soient d'une « essence » différente des créatures de la fiction. Elles exigent – et c'est le « motif » des sciences – qu'il s'agisse de fictions très particulières, capables de faire taire ceux qui prétendraient que « ce n'est que de la

Dans une note ajoutée à la somme de ses travaux sur la chaleur de la décennie 1860, *Contributions to Molecular Physics in the Domain of Radiant Heat* (1872), Tyndall raconte sa rencontre avec le dioxyde de carbone. En 1859, n'arrivant pas à mesurer expérimentalement le pouvoir radiatif trop faible de l'oxygène, de l'hydrogène, de l'azote et de nombreux autres gaz, il réalise des essais d'expérimentation avec le *coal gas*. Substance issue de la pyrolyse du charbon pour l'éclairage de ville, elle est alors en usage dans certaines villes européennes, notamment Londres et Paris : « [...] je l'ai essayé et trouvé que son comportement était plus proche d'un solide adiathermane que celui d'un gaz. D'emblée j'ai essayé une foule d'autres gaz. En réalité, cette première expérience avec le *coal-gas* a ouvert la porte à toutes les recherches contenues dans ce volume¹⁶⁷. »

Ironiquement, Tyndall témoigne ici de l'omniprésence de ce gaz de ville qui constitue un des meilleurs symboles des sociétés techno-industrielles qui s'inventent en Europe au XIXe siècle. En effet, cette technique de distribution et d'utilisation du gaz, introduisant non seulement la lumière blafarde produite par sa combustion mais aussi « d'immenses gazomètres contenant des millions de litres de gaz inflammable » dans les centres urbains, participe formidablement à l'inoculation sociale du risque, suscitant des passions inégalées dans l'espace public d'alors. Exhibant déjà des controverses sur le risque, des expertises, des oppositions farouches, des normalisations ou au contraire le pari sur l'innovation – le gaz de ville est un cas édifiant exhibant l'acclimatation des sociétés modernes à la monstruosité, l'imprévisibilité et l'irréversibilité des techniques modernes¹⁶⁸. Et le témoignage de Tyndall n'est pas fortuit. En effet, ce dernier a notamment siégé au London Board of Gas Referees, en tant que conseiller scientifique sur les règles s'appliquant aux installations utilisant du gaz, et, partant, aux industriels qui promouvaient ces systèmes¹⁶⁹. Tyndall a aussi défendu ardemment, durant dix-sept ans au sein du Board of Trade on Lighthouses, l'éclairage au gaz appliqué aux phares, contre l'usage du pétrole qu'il estimait moins efficace. S'il a perdu ce pari, cette aventure est sans doute celle qui démontre le plus clairement son intérêt pour l'application de ses recherches au champ industriel et infrastructurel, pour ses relations intimes avec le monde économique et parlementaire, pour la promotion de l'autorité de ce qui devient à l'époque connu sous le nom

fiction ». Tel est, selon moi, le premier sens de l'affirmation « cela est scientifique ». » I. STENGERS, *L'invention des sciences modernes*, Paris, Flammarion, 1995, p. 94

¹⁶⁷ J. TYNDALL, *Contributions to Molecular Physics in the Domain of Radiant Heat*, London, Longmans, Green, and co., 1872, p. 19

¹⁶⁸ Chapitre 5 de J.-B. FRESSOZ, *L'Apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique*, op. cit., p. 203-230

¹⁶⁹ W. SUGG, P. L. SIMMONDS et J. H. GLADSTONE, « Journal of the Society for Arts, Vol. 30, no. 1558 », *The Journal of the Society of Arts*, vol. 30, n° 1558, Royal Society for the Encouragement of Arts, Manufactures and Commerce, 1882, p. 1015-1024

de Science, et partant de la sienne, par rapport au champ social ou encore pour l'addition énergétique majeure de cette fin de XIXe siècle : le pétrole très bon marché¹⁷⁰.

2.4 Arrhenius

En 1896, le suédois Svante Arrhenius s'empare du débat. Estimé pour ses apports en électrochimie et protégé de Wilhem Ostwald, il devient professeur de physique en 1895 et recteur de Hoskola entre 1896 et 1902, entre en 1901 à l'Académie des sciences suédoise et obtient le prix Nobel de chimie en 1903 pour ses travaux sur la dissociation électrolytique. A l'instar de nombreux de ses contemporains, Arrhenius s'intéresse aussi à la météorologie et à la cosmologie, et notamment aux phénomènes électriques dans l'atmosphère et à l'influence du Soleil et de la Lune sur ces derniers¹⁷¹. D'un tempérament théoricien plus qu'expérimentateur, contrairement à Tyndall, il s'appuie sur les résultats expérimentaux et les mesures de son temps pour soutenir que le CO₂ joue le rôle d'aiguilleur et la vapeur d'eau d'amplificateur climatique : une augmentation de la concentration atmosphérique en CO₂ entraînerait une augmentation de l'humidité, qui conduirait à son tour à une élévation de la température moyenne du globe. En 1896, il publie un mémoire important dans ce sens, tiré d'une présentation en 1895 devant la Société de physique de Stockholm et soutenant que des variations de la concentration atmosphérique de CO₂ pourraient être à l'origine des considérables flux et reflux de la glace à la surface du globe¹⁷². Durant plusieurs mois, il calcule, grâce à une équation qu'il élabore à partir de la loi de Stefan, le bilan radiatif de l'atmosphère pour des latitudes écartées de 10° et pour chaque saison, cela en fonction des valeurs de CO₂ de 60%, 150%, 200%, 250% et 300% par rapport à celles que son époque estime.

Il prend également en compte l'influence des nuages, des océans et de la glace – et suggère également la possibilité de boucles de rétroaction dues au différentiel d'albédo qu'entraînerait la fonte des glaces aux pôles (Tableau 6). Et de conclure : « Ainsi, si la quantité de dioxyde de carbone augmente de manière géométrique, l'élévation de température augmentera d'une façon quasi-arithmétique¹⁷³. » Cet article est d'autant plus intéressant que

¹⁷⁰ R. M. MACLEOD, « Science and Government in Victorian England: Lighthouse Illumination and the Board of Trade, 1866-1886 », *Isis*, vol. 60, n° 1, avril 1969, p. 5-38 ; S. COURTNEY, « 'A Very Diadem of Light': Exhibitions in Victorian London, the Parliamentary Light and the Shaping of the Trinity House Lighthouses », *The British Journal for the History of Science*, vol. 50, n° 2, juin 2017, p. 249-265.

¹⁷¹ J. R. FLEMING, *Historical Perspectives on Climate Change*, *op. cit.*, p. 74-76

¹⁷² S. ARRHENIUS, « On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground », *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, vol. 41, n° 5, 1896, p. 237-276

¹⁷³ *Ibid.*, p. 267

l'auteur en tire des conclusions géologiques. Insatisfait des explications de son temps sur les âges glaciaires, mais aussi sur les époques plus chaudes comme le tertiaire, Arrhenius explique que la cause probable des grandes variations de température moyenne du globe est bel et bien le CO₂. D'après ses calculs, un doublement de la concentration de CO₂ aurait pour conséquence une élévation de l'ordre de 5°C de la température globale et un triplement déboucherait sur une élévation de 10°C ; d'autre par une division par deux de la même concentration aurait pour conséquence une diminution d'environ 5°C.

Latitude.	Carbonic Acid=0.67.					Carbonic Acid=1.5.				
	Dec.- Feb.	March- May.	June- Aug.	Sept.- Nov.	Mean of the year.	Dec.- Feb.	March- May.	June- Aug.	Sept.- Nov.	Mean of the year.
70	-2.9	-3.0	-3.4	-3.1	-3.1	3.3	3.4	3.8	3.6	3.52
60	-3.0	-3.2	-3.4	-3.3	-3.22	3.4	3.7	3.6	3.8	3.62
50	-3.2	-3.3	-3.3	-3.4	-3.3	3.7	3.8	3.4	3.7	3.65
40	-3.4	-3.4	-3.2	-3.3	-3.32	3.7	3.6	3.3	3.5	3.52
30	-3.3	-3.2	-3.1	-3.1	-3.17	3.5	3.3	3.2	3.5	3.47
20	-3.1	-3.1	-3.0	-3.1	-3.07	3.5	3.2	3.1	3.2	3.23
10	-3.1	-3.0	-3.0	-3.0	-3.02	3.2	3.2	3.1	3.1	3.13
0	-3.0	-3.0	-3.1	-3.0	-3.02	3.1	3.1	3.2	3.2	3.15
-10	-3.1	-3.1	-3.2	-3.1	-3.12	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
-20	-3.1	-3.2	-3.3	-3.2	-3.2	3.2	3.2	3.4	3.3	3.27
-30	-3.3	-3.3	-3.4	-3.4	-3.35	3.4	3.5	3.7	3.5	3.52
-40	-3.4	-3.4	-3.3	-3.4	-3.37	3.6	3.7	3.8	3.7	3.7
-50	-3.2	-3.3	—	—	—	3.8	3.7	—	—	—
-60										

Tableau 6 – Variation des températures atmosphériques causées par des écarts de concentration de CO₂ dans l'atmosphère¹⁷⁴.

Subsiste cependant la question de la cause de telles variations de CO₂. Arrhenius s'appuie sur les travaux d'un de ses collègues, Avid Högbom, dont il traduit et reproduit dans son article quatre pages pour le lectorat anglophone. Géochimiste, Högdrom a produit des estimations des quantités de carbone présent dans l'atmosphère, mais aussi dans les sols et les

¹⁷⁴ D'après *Ibid.*, p. 266

océans¹⁷⁵. Il propose un bilan des flux de carbone entrant et sortant de l'atmosphère (Tableau 7).

Entrées	Sorties
— 1 Emanations volcaniques et processus géologiques afférents	— 6 Formation de carbonates à partir de silicates par météorisation
— 2 Combustion de météorites carbonifères	— 7 Absorption de CO ₂ par les végétaux
— 3 Combustion et décomposition de matières organiques	
— 4 Décomposition de carbonates	
— 5 Emanation de CO ₂ enfermés dans les minéraux	

Tableau 7 – Principaux processus à l'origine des flux de carbone entrant et sortant de l'atmosphère selon Högbom¹⁷⁶

Impressionné par l'énorme quantité de carbone que renferme le sol par rapport à l'air – Högbom estime la différence 25000 fois supérieure –, il propose de négliger les termes (3), (4), (5) et (7) pour ne garder finalement que l'équilibre entre, d'une part, les termes (1) et (2) et d'autre part le terme (6). A partir de ce bilan, Arrhenius peut conclure que c'est principalement l'activité volcanique qui est à l'origine des variations climatiques sur Terre et au cours de son histoire – on suppose à l'époque qu'elle s'est tendanciellement refroidie¹⁷⁷. De manière intéressante, Högbom note que le « [...] processus le plus important parmi ceux qui ont, de tout temps, retiré le CO₂ de l'atmosphère, c'est-à-dire la météorisation chimique de silicates, est d'un ordre de grandeur égal au processus inverse, qui est causé par le développement industriel de notre époque, et qui doit être entendu comme étant de nature temporaire¹⁷⁸. » Fleming remarque à ce propos que « une augmentation séculaire de la concentration de CO₂ due aux émissions d'origine industrielle ne le concernait pas¹⁷⁹ » car, du point de vue des temps géologiques, la période contemporaine ne l'intéresse pas, mais aussi parce que Högdöm pense

¹⁷⁵ Berner voit chez Högdöm un contributeur important à la description du cycle du carbone à la fin du XIXe siècle. R. A. BERNER, « A. G. Hoegbom and the Development of the Concept of the Geochemical Carbon Cycle », *American Journal of Science*, vol. 295, n° 5, 1^{er} mai 1995, p. 491-495. Il faudrait conduire une recherche approfondie non seulement sur le développement de la géochimie au XIXe siècle, mais aussi avec un effort important pour les pays dont les langues sont aujourd'hui moins connues notamment, pour ce cas, le suédois et le russe, dont les contributions sont fondamentales.

¹⁷⁶ D'après S. ARRHENIUS, « On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground », *op. cit.*, p. 272

¹⁷⁷ *Ibid.*, p. 269-273

¹⁷⁸ Cité par *Ibid.*, p. 270-271

¹⁷⁹ J. R. FLEMING, *Historical Perspectives on Climate Change*, *op. cit.*, p. 78

que le cycle de capture des produits de la combustion est très rapide.

Arrhenius n'est pas le seul à pointer les effets du dioxyde de carbone. Son collègue Nils Ekholm, météorologue, publie au début du XXe siècle une traduction d'un long article initialement publié en 1899 dans une revue suédoise soutenant la thèse de l'influence du dioxyde de carbone comme cause principale des changements climatiques, secondée par les variations d'orbite et d'obliquité de la Terre. Selon lui, ces dernières pourraient entraîner un refroidissement durant encore dix mille ans – à moins qu'un acteur ne vienne s'opposer à cette implacable pente : « [...] un Âge glaciaire pourrait bien advenir. Mais nous nous trouvons dans une circonstance remarquable qui est jusqu'ici sans précédent dans l'histoire de la Terre. Il s'agit de l'influence de l'Homme sur le climat¹⁸⁰. » La conclusion de Ekholm est vertigineuse, pour son présent et le nôtre :

En réalité, nous avons vu que la combustion contemporaine de charbon issu des mines est si considérable qu'elle renvoie dans l'atmosphère environ un millième de sa réserve de dioxyde de carbone en un an. Si cela se poursuit quelques millénaires cela provoquera inmanquablement un accroissement très significatif de la température moyenne de la Terre. Sans doute, l'Homme sera-t-il aussi capable d'augmenter son apport de dioxyde de carbone [vers l'atmosphère] en creusant de profonds puits desquels ce gaz jaillira. De plus, il sera peut-être possible pour l'Homme de diminuer ou réguler la consommation de dioxyde de carbone en protégeant les couches de silicates soumises à la météorisation par l'air et en réglant la croissance des plantes selon ses volontés et ses fins. Par conséquent, il paraît envisageable que l'Homme soit efficacement capable de réguler le futur climat de la Terre et par la suite de prévenir l'avènement d'un nouvel Age glaciaire. Par l'emploi de tels moyens, la détérioration du climat des étendues situées au Nord et en Arctique, qui dépend de la diminution de l'obliquité de l'écliptique, pourrait être aussi contrecarrée. Il est trop tôt pour juger des capacités de l'Homme à réguler ainsi le climat du futur. Mais la simple idée d'une telle possibilité me semble si grandiose que je ne peux m'empêcher de penser que cela confèrera à l'Humanité un moyen d'évolution jusqu'à présent insoupçonné¹⁸¹.

Au début du XXe siècle, Arrhenius écrit un ouvrage à destination du grand public dans lequel il expose une synthèse des savoirs de la Terre et de la cosmologie du système solaire. Grâce à des mesures nouvellement disponibles, il calcule la concentration CO₂ dans l'atmosphère ainsi que ce qu'il est convenu d'appeler aujourd'hui la sensibilité climatique, c'est-à-dire la réponse de la température de l'atmosphère globale à un forçage donné ; ce forçage est ici l'augmentation du CO₂. Arrhenius obtient le résultat suivant : si la quantité de CO₂ diminuait de moitié, la température de la surface terrestre chuterait de 4°C alors qu'un

¹⁸⁰ N. EKHOLM, « On the Variations of the Climate of the Geological and Historical Past and Their Causes », *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 27, n° 117, 1899 1901, p. 61

¹⁸¹ *Id.*

doublément de cette quantité l'augmenterait de 4°C. De plus, tout refroidissement se traduirait par une répartition des températures plus inégales alors qu'un réchauffement effacerait tendanciellement les écarts de température¹⁸². De plus, Arrhénius souligne le rôle de l'action humaine. Entre son article de 1896 et l'écriture de son ouvrage, en 1904, la consommation de charbon, l'énergie fossile alors de loin la plus utilisée, a presque doublé, passant de 510 millions de tonnes à 890 millions de tonnes. Et Arrhenius a bien conscience que cette croissance ne cesse de s'accroître. Pour cette raison, et parce que la concentration atmosphérique du CO₂ est très petite, il entrevoit que « la faible proportion de CO₂ dans l'atmosphère pourrait être modifiée à un degré significatif par les progrès de l'industrie dans les prochains siècles¹⁸³. » La conséquence en est la possibilité d'une intervention de l'action humaine sur l'histoire du climat :

Puisque nous savons désormais que des périodes chaudes ont alterné avec des périodes glaciaires, même après l'apparition de l'homme sur Terre, nous devons nous demander : est-il probable que dans les âges géologiques à venir nous subissions une nouvelle période glaciaire qui nous chasserait de nos pays tempérés vers les climats plus chauds d'Afrique ? Il semble qu'une telle inquiétude ne soit pas vraiment fondée. L'énorme consommation de charbon de nos installations industrielles suffit à accroître la proportion de CO₂ dans l'air d'une manière significative. Le volcanisme [...] semble s'intensifier¹⁸⁴.

S'il s'agit, pour Arrhenius, d'une possibilité réelle, ce grand chambardement est-il un mal ? Au début du XXe siècle, les inquiétudes sont grandes quant à la finitude des ressources, en particulier des combustibles fossiles¹⁸⁵. Mais Arrhenius s'oppose à cette inquiétude afin de proposer une version plus optimiste du futur de la productivité de la Terre :

Il n'est pas rare d'entendre des lamentations à propos du gaspillage du charbon emmagasiné dans la Terre par la génération présente, sans aucune considération pour le futur, et nous sommes terrifiés par la destruction atroce des vies et des biens causée par les éruptions volcaniques de notre temps. Nous pouvons nous consoler en considérant qu'ici, comme dans toutes les autres situations, le bien est mêlé au mal. Sous l'influence de la proportion grandissante de CO₂ dans l'atmosphère, nous pouvons espérer à l'avenir tirer parti d'âges avec des climats meilleurs et plus égaux, en particulier en ce qui concerne les régions les plus froides de la Terre, des

¹⁸² S. ARRHENIUS, *Worlds in the Making: the Evolution of the Universe*, H. Borns (trad.), New York & London, Harper, 1908, p. 52-53

¹⁸³ *Ibid.*, p. 54

¹⁸⁴ *Ibid.*, p. 61-63. Chez Arrhenius, le volcanisme est la seconde source de CO₂ pour l'atmosphère, première dans l'ordre des raisons géologiques.

¹⁸⁵ Chapitre 6 de J.-B. ARRAULT, *Penser à l'échelle du Monde. Histoire conceptuelle de la mondialisation en géographie (fin du XIXe siècle/entre-deux-guerres)*, Thèse de doctorat, Paris, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 2007, p. 339-408

âges où la Terre donnera des récoltes bien plus abondantes qu'aujourd'hui, au bénéfice d'une humanité qui se propage rapidement¹⁸⁶.

Et cette dernière remarque n'est pas fortuite : Arrhenius fait ici référence à son calcul selon lequel un doublement de la concentration de CO₂ entraîne un triplement de « l'intensité de la vie végétale »¹⁸⁷. Plus généralement, Arrhenius se montre, comme de nombreux contemporains, préoccupé par la finitude de certaines ressources tout en essayant de penser de nouvelles façons de tirer parti de la Terre pour les sociétés industrielles. En avril 1920, Arrhenius prononce une conférence pour la réception de la médaille Franklin. Le scientifique suédois y aborde frontalement « le problème de l'approvisionnement énergétique mondial », en soulignant les limites des réserves de charbon, qui ne pourront tenir selon lui plus de 1500 ans. Arrhenius passe en revue de nombreuses sources d'énergies possibles : pétrole, gaz naturel, tourbe mais aussi bois, eau, vent et soleil. Mais les perspectives sont sombres : aucune d'entre elles ne saurait être universelle, il semble même que les centres de « civilisation » suivent la disponibilité énergétique. Après la fin du pétrole « L'Angleterre et l'Allemagne, actuellement les pays industriels les plus développés du monde, auront sans doute à l'avenir l'agriculture comme industrie principale. Probablement, une grande partie de ces pays seront une nouvelle fois couverts par des forêts, ainsi qu'ils l'étaient au temps de Tacite »¹⁸⁸. Et, dans le même temps, l'énergie solaire représente la source d'énergie la plus prometteuse à long terme. En effet, utile immédiatement dans les étendues arides « qui ont été historiquement le sièges de la culture naissance, mais sont désormais le territoire de tribus errantes », elle peut offrir de bons services ailleurs :

Le déclin de ces régions [arides] a été la conséquence de la destruction des aqueducs et des systèmes d'irrigations, que les populations nomades sont incapables de restaurer. Avec l'aide de la machine solaire, il serait possible de restaurer l'agriculture et l'horticulture anciennes de ces provinces [*districts*], et le travail industriel fondé sur son utilisation pourrait aussi voir le jour. Ce n'est pas seulement dans les déserts que le soleil brille presque continuellement durant une part importante de l'année, mais aussi dans des grandes régions d'Espagne, de Grèce et d'Amérique du Nord qui possèdent un climat tel qu'ils profiteraient de l'introduction de la machine solaire¹⁸⁹.

Mais cette conjecture sur le présent – qui lie déjà civilisation, technique et climat – peut également s'étendre sur l'avenir lointain :

¹⁸⁶ S. ARRHENIUS, *Worlds in the Making: the Evolution of the Universe*, op. cit., p. 63

¹⁸⁷ *Ibid.*, p. 56

¹⁸⁸ *Ibid.*, p. 118

¹⁸⁹ S. ARRHENIUS, « The Problem of the World's Supply of Energy », *Journal of the Franklin Institute*, vol. 190, n° 1, 1^{er} juillet 1920, p. 120

Il semble très probable que la fin des réserves d'énergie fossile signe le retour de la civilisation et de la culture à son berceau : vers la Méditerranée et la Mésopotamie s'agissant du vieux monde et vers l'Amérique centrale et la terre des Incas s'agissant du nouveau. [...] D'après les calculs que j'ai réalisés, un accroissement de CO₂ dans l'atmosphère donnera à la Terre un climat plus uniforme et plus chaud. Par conséquent, nous pouvons supposer qu'avec la combustion du charbon notre climat s'approchera de celui de l'âge tertiaire. En outre, la végétation est fortement stimulée par [...] l'augmentation du CO₂ dans l'air. Il est donc probable [...] que la consommation totale du charbon disponible par les industries favorisera, à un degré élevé, l'agriculture et la sylviculture dans les régions tempérées aujourd'hui principaux sièges de la culture. Parmi les conséquences du gaspillage contemporain de nos ressources fossiles, certaines seront nocives pour ces régions, mais d'autres seront utiles¹⁹⁰.

2.5 Chamberlin

A la même époque qu'Arrhenius, le géologue états-unien Thomas Chamberlin (1843-1928) travaille sur le lien entre le CO₂ et l'évolution des climats dans le temps géologique. Considéré comme un des plus éminents géologues états-unien du début du XXe siècle, il fonde la revue *Journal of Geology*, préside à la fin de sa carrière la Société américaine de géologie et participe aux controverses sur les âges glaciaires et la formation de la Terre. Il a déjà plus de vingt ans d'expérience au sein de la *Wisconsin Geological Survey* et occupe depuis une demi-décennie la position de géologue en chef de la division glaciaire de la *United States Geological Survey* lorsqu'il croise la théorie d'Arrhenius sur le CO₂¹⁹¹. D'après Fleming, Chamberlin l'intègre dans le cours qu'il professe à l'Université de Chicago, qui contient une esquisse les grands axes de la recherche qui sera la sienne durant plusieurs décennies : les processus géochimiques de météorisation, la circulation océanique, les processus de déformation de la croûte terrestre et la formation de la planète mais également le rôle de la vapeur d'eau et du CO₂ dans les changements climatiques¹⁹².

Ainsi, convaincu par la perspective d'Arrhenius, Chamberlin propose une théorie des changements climatiques intégrant le rôle du CO₂ dans une série d'articles qu'il commence à publier à partir de 1897, en partant de l'observation selon laquelle l'atmosphère, bien qu'étant « le plus actif de tous les acteurs géologiques », n'a pas reçu l'attention qu'elle mérite : elle « détruit ses reliquats presque aussitôt qu'ils sont formés et leur confère une évanescence

¹⁹⁰ *Ibid.*, p. 120-121

¹⁹¹ J. R. FLEMING, « T. C. Chamberlin, Climate Change, and Cosmogony », *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, vol. 31, n° 3, septembre 2000, p. 294-296

¹⁹² *Ibid.*, p. 296-300

particulière »¹⁹³. Il commence par contester le modèle de Laplace de la formation de la Terre selon lequel celle-ci forme originellement une masse gazeuse qui se condense par la suite¹⁹⁴. L'enjeu est alors de remettre en question le refroidissement terrestre pour proposer un modèle qui supposerait au contraire une température peu élevée¹⁹⁵. Après la formation de la Terre par agrégation, se met en place un vaste cycle géochimique à l'échelle du globe.

La composition chimique de l'atmosphère dépend d'apport et de pertes gazeux. La variation de la topographie joue un rôle majeur dans ces variations, notamment via la surface rocheuse disponible, plus ou moins recouverte par les océans et plus ou moins élevée. Schématiquement, au cours d'une période de soulèvement de la croûte terrestre, l'atmosphère est rapidement érodée sur le plan chimique par météorisation, et les masses rocheuses perdent leur volume et donc de leur exposition à l'atmosphère. Ainsi, à mesure que l'écorce terrestre s'érode, le processus de météorisation ralentit jusqu'au moment où les apports chimiques vers l'atmosphère dépassent les pertes et où l'érosion des roches est au plus bas. Un cycle nouveau peut débiter. Il y a donc, sur le temps long, des oscillations de la composition chimique de l'atmosphère¹⁹⁶.

Une fois admise l'idée de variation de la composition chimique de l'atmosphère, Chamberlin souligne l'importance du CO₂ par rapport à d'autres gaz présents dans l'atmosphère. Dans cette danse géologique, la météorisation sélectionne les composants chimiques de l'atmosphère selon le principe suivant : plus un gaz est inactif, plus il subsiste dans l'atmosphère. Pour Chamberlin, le dioxyde de carbone est ainsi devenu, et reste encore, plus rare que l'azote et l'oxygène : celui-ci « *devient le facteur minimal et critique de l'atmosphère* »¹⁹⁷. Une variation de la concentration de CO₂ aura d'autant plus d'importance que sa concentration est faible dans l'atmosphère : d'où son rôle régulateur¹⁹⁸.

Dès lors, Chamberlin se tourne vers les travaux de Tyndall et d'Arrhenius avec une question : si, selon ce dernier, le dioxyde de carbone fonctionne bel et bien comme un

¹⁹³ T. C. CHAMBERLIN, « A Group of Hypotheses Bearing on Climatic Changes », *The Journal of Geology*, vol. 5, n° 7, 1897, p. 653

¹⁹⁴ T. C. CHAMBERLIN, « Lord Kelvin's Address on the Age of the Earth as an Abode Ditted for Life », *Science*, vol. 9, n° 235, 30 juin 1899, p. 889-901 ; T. C. CHAMBERLIN et F. R. MOULTON, « Certain Recent Attempts to Test the Nebular Hypothesis », *Science*, vol. 12, n° 293, 10 août 1900, p. 201-208. Chamberlin propose sa propre théorie de la formation de la Terre, l'hypothèse planétésimale. T. C. CHAMBERLIN et F. R. MOULTON, « The Development of the Planetesimal Hypothesis », *Science*, vol. 30, n° 775, 5 novembre 1909, p. 642-645

¹⁹⁵ T. C. CHAMBERLIN, « A Group of Hypotheses Bearing on Climatic Changes », *op. cit.*, p. 669-670

¹⁹⁶ *Ibid.*, p. 677-678

¹⁹⁷ *Ibid.*, p. 677 ; T. C. CHAMBERLIN, « The Influence of Great Epochs of Limestone Formation upon the Constitution of the Atmosphere », *The Journal of Geology*, vol. 6, n° 6, 1^{er} septembre 1898, p. 610

¹⁹⁸ T. C. CHAMBERLIN, « The Influence of Great Epochs of Limestone Formation upon the Constitution of the Atmosphere », *op. cit.*, p. 609

thermostat climatique, quels sont les éléments géologiquement concrets à disposition qui pourraient en attester, d'autant que la météorisation reste trop lente à elle seule ? Ici, Chamberlin suppose que les bilans thermiques du globe sont cohérents avec l'expérience géologique, même spéculative. Ce pourquoi il tente d'expliquer les variations de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère à partir de processus proprement géologiques. Schématiquement, il existe tout d'abord des flux constants, vastes et lents : des apports provenant du sol et dus aux mouvements internes de la Terre elle-même ; une perte par la conversion des silicates, exposés à la météorisation, en carbonates. Du fait qu'ils ne soient pas exactement synchrones et égaux, ces flux génèrent déjà des variations importantes de la composition atmosphérique. Cependant, Chamberlin a besoin d'ajouter une autre classe de processus plus rapides et plus ponctuels, amplifiant la première oscillation.

D'une part, les apports ponctuels peuvent être dus principalement à la libération de CO₂ provoquée par l'activité biologique marine convertissant les carbonates en provenance de l'eau douce (principalement carbonate de calcium (CaCO₃)) mais aussi par la diffusion de CO₂ depuis les océans (en fonction de la pression partielle et de la température) et les émissions de CO₂ par la décomposition de matière organique. D'autre part les pertes ponctuelles peuvent trouver leur origine dans l'érosion du calcaire et du dolomite dont le résultat capture le CO₂ et le transporte sous forme de bicarbonate vers la mer (facteur principal)¹⁹⁹, dans son absorption par l'océan ou la croissance végétale²⁰⁰.

Il conçoit donc deux amplificateurs majeurs du cycle géochimique du CO₂ : l'océan et la vie, tous deux capables d'absorber différenciellement le dioxyde de carbone en fonction de la température globale selon ce que l'on nomme aujourd'hui des boucles de rétroaction positive²⁰¹. Rapidement, Chamberlin soutient que c'est surtout le premier, comme immense réservoir de carbone, comme transporteur de chaleur et d'humidité, comme milieu de la vie marine, qui constitue la composante principalement liée à l'atmosphère. En effet, l'inversion de la circulation océanique profonde est un élément déterminant pour comprendre le basculement d'une période chaude à une période plus froide²⁰².

¹⁹⁹ Fleming rappelle qu'à l'époque il existait une controverse au sujet de la forme chimique principale du carbone en solution hydrique : soit par une liaison avec des sulfates soit, comme Chamberlin le pensait, le CO₂ prenait majoritairement la forme de bicarbonate de magnésium ou de calcium. J. R. FLEMING, *Historical Perspectives on Climate Change, op. cit.*, p. 88.

²⁰⁰ Pour les détails de ce bilan, voir notamment T. C. CHAMBERLIN, « An Attempt to Frame a Working Hypothesis of the Cause of Glacial Periods on an Atmospheric Basis », *The Journal of Geology*, vol. 7, n° 6, 1899, p. 545-584

²⁰¹ T. C. CHAMBERLIN, « A Group of Hypotheses Bearing on Climatic Changes », *op. cit.*, p. 679-682

²⁰² T. C. CHAMBERLIN, « On a Possible Reversal of Deep-Sea Circulation and Its Influence on Geologic Climates », *The Journal of Geology*, vol. 14, n° 5, 1906, p. 363-373

Un des soucis fondamentaux de Chamberlin est ainsi de comprendre, en géologue, les processus qui donnent lieu à l'historicité de la Terre. Pour lui, l'histoire géologique devrait s'ordonner principalement selon trois types d'événements : les mouvements internes de la Terre, la création ou la disparition de plaques sous-marines circumcontinentales influant sur l'évolution des vivants et enfin, point majeur, les événements chimiques de l'atmosphère²⁰³. Ainsi, il y aurait une véritable agentivité géologique majeure de l'atmosphère, ou, plus exactement, une agentivité de la *relation* entre atmosphère, océan et surface rocheuse. Par exemple, dans un article appelant la communauté géologique à la création d'un Institut international de géologie en mesure de promouvoir des enquêtes « non seulement internationales et intercontinentales, mais [...] omniterrestres », Chamberlin soutient que :

S'il y bien, sur le temps long, des accumulations de contraintes au sein du corps terrestre, auxquelles succèdent des ajustements [...], et si ces ajustements changent les surfaces respectives de terre et de mer, et que cela conduit à son tour en des modifications de la composition de l'atmosphère et de l'évolution de la vie, ces cycles doivent être des facteurs dans le fondement ultime de la classification rationnelle du temps géologique, et doivent en même temps exprimer certains des aspects les plus profonds et significatifs de l'histoire de la Terre²⁰⁴.

Finalement, subsiste la question de l'action humaine. Si Chamberlin s'approprie les travaux d'Arrhenius durant les années 1890, il regrette une vingtaine d'années plus tard d'en avoir été une des « victimes », c'est-à-dire d'avoir adhéré précipitamment à ses thèses²⁰⁵. Cependant, durant cette période et même après, il semble ne jamais avoir mentionné l'éventualité d'une modification du climat d'origine anthropique. En revanche, comme nous le verrons plus loin, la question humaine est bien présente dans ses travaux, sous une autre forme : à la fois du point de vue de l'évolution et comme agentivité qu'il s'agit de qualifier géologiquement.

Le cas de Chamberlin est donc intéressant puisque celui-ci confère une fonction fondamentale au dioxyde de carbone dans les régulations climatiques sans pour autant accorder la moindre place à la combustion industrielle de charbon qui saisit pourtant Arrhenius. Selon Fleming, cela s'explique par le présupposé selon lequel les quantités émises par la vie, dont les

²⁰³ T. C. CHAMBERLIN, « The Ulterior Basis of Time Divisions and the Classification of Geologic History », *The Journal of Geology*, vol. 6, n° 5, 1^{er} juillet 1898, p. 449-462. Le temps semble avoir été un sujet d'intérêt important pour le géologue américain. De manière surprenante, Chamberlin a proposé une réforme du temps calendaire qui corresponde au temps solaire, et qui permettrait l'uniformisation des différentes conventions temporelles. Voir T. C. CHAMBERLIN, « The Reform of the Calendar », *Science*, vol. 32, n° 830, 25 novembre 1910, p. 757-759

²⁰⁴ T. C. CHAMBERLIN, « Proposed International Geologic Institute », *The Journal of Geology*, vol. 8, n° 7, The University of Chicago Press, 1900, p. 606

²⁰⁵ J. R. FLEMING, *Historical Perspectives on Climate Change*, *op. cit.*, p. 90

humains, étaient négligeables par rapport aux stocks présents dans les roches et à la capacité d'absorption des océans. Pour autant, Chamberlin dit lui-même que le stockage de carbone sous forme de charbon est un événement important dans l'histoire de la Terre et qu'il déroge aux flux habituels qu'il considère par ailleurs. Mais la libération de ce stock de l'intéresse pas. Chamberlin est également intéressant parce qu'il change d'avis sur le dioxyde de carbone, exhibant ainsi la variété des possibles reconstructions théoriques des grands processus atmosphériques et géologiques, mais aussi l'importance des mesures de l'absorption infrarouge des gaz atmosphériques dont les valeurs ont en partie influencé les positions sur l'agentivité climatique du dioxyde de carbone entre les années 1910 et 1920. En effet, durant la première moitié du XXe siècle, il existe des controverses sur son pouvoir radiatif, parfois considéré comme négligeable par rapport à celui de la vapeur d'eau²⁰⁶.

2.6 Callendar

Néanmoins, dès les années 1930, le dioxyde de carbone est à nouveau envisagé comme agent climatique de premier ordre notamment par Guy Stewart Callendar, ingénieur britannique spécialiste des machines à vapeur à la British Electrical and Allied Industries Research Association et météorologue amateur. Il publie entre les années 1930 et 1961 plusieurs articles sur le CO₂ dans des revues de météorologie importantes²⁰⁷.

Dès 1938, Callendar réaffirme la thèse du rôle du CO₂ comme facteur de changement climatique. La consommation de combustible fossile a encore largement augmenté, le pétrole s'ajoutant au charbon : Callendar fait observer que plus de 150 milliards de tonnes de CO₂ ont été émises dans l'atmosphère en une cinquantaine d'années et que, dans la même période, la concentration du gaz dans l'atmosphère est passée de 274 ppm à 296 ppm. A ce rythme, il entrevoit qu'elle sera de 335 ppm en 2000, 396 ppm en 2100 et 458 ppm en 2200. S'appuyant sur des mesures diverses, notamment celles portant sur le pouvoir radiatif du CO₂ et de la vapeur d'eau, l'ingénieur calcule les élévations correspondantes de température par rapport au XIXe siècle : +0,07°C entre 1910 et 1930 ; +0,16°C en 2000 ; +0,39°C en 2100 ; 0,57°C en 2200. Ces résultats sont bien en dessous de ce que notre expérience historique nous révèle aujourd'hui

²⁰⁶ *Ibid.*, p. 111-113

²⁰⁷ Callendar a aussi largement participé à la création de dispositif de guerre pendant la Seconde Guerre mondiale et la Guerre froide, voir à ce sujet J. R. FLEMING, *The Callendar Effect: the Life and Times of Guy Stewart Callendar (1898-1964), the Scientist who Established the Carbon Dioxide Theory of Climate Change*, Boston (Mass.), American Meteorological Society, 2007. Comme le remarque l'auteur, le secret occulte une part conséquente de ses travaux. Des travaux sur les liens entre son implication militaire et sa contribution à la compréhension du rôle du CO₂ dans le changement climatique restent à faire.

puisque, à titre de comparaison, la concentration de CO₂ dans l'atmosphère a atteint 400 ppm en 2016 et l'élévation de température correspondante est de l'ordre de 1,1°C²⁰⁸.

Callendar est conscient des incertitudes, notamment eu égard aux mesures météorologiques disponibles, mais il reste très confiant dans la tendance générale qu'exhibe ses résultats :

En conclusion, on peut dire que la combustion de combustible fossile, qu'elle soit tourbe de surface ou pétrole à 10000 pieds sous terre, va probablement se montrer bénéfique à l'humanité dans quelques années, en plus des avantages en termes de chaleur et de puissance qu'elle en tire déjà. Par exemple, les augmentations [...] de température moyenne seraient importantes pour les cultures se trouvant au Nord et la croissance des végétaux bien situés est directement proportionnelle à la concentration en dioxyde de carbone. Dans tous les cas, le retour des glaciers mortels devrait être retardé indéfiniment. En ce qui concerne les réserves de carburant, il y en a suffisamment pour décupler la concentration de dioxyde de carbone dans les airs²⁰⁹.

Si l'agentivité géologique est ici simplement dénotée par la référence aux glaciations, Callendar s'exprime plus explicitement l'année suivante :

Il est admis que l'homme est capable d'accélérer les processus de la Nature, et il interfère désormais lourdement sur le lent parcours de son dioxyde de carbone à chaque minute. Ce grand courant de gaz résulte de la combustion du carbone d'origine fossile [...] et il semble bien plus important que le taux de fixation naturel.

Alors que l'homme est maintenant en train de changer la composition de l'atmosphère à une vitesse qui est certainement exceptionnelle sur l'échelle des temps géologiques, il est naturel de s'enquérir des effets probables d'un tel changement²¹⁰.

Callendar maintient sa position tout au long de sa carrière et répond aux objections, notamment à propos des flux très importants qui se produisent à la surface des océans : s'ils sont certes énormes, ils n'en restent pas moins très lents car dépendent de la circulation océanique verticale²¹¹. Cette constance est d'autant plus intéressante que Callendar, très informé de la complexité des phénomènes météorologiques, tient compte des mouvements de

²⁰⁸ G. S. CALLENDAR, « The Artificial Production of Carbon Dioxide and its Influence on Temperature », *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 64, n° 275, 1938, p. 223-240. Si la question des longueurs d'onde d'absorption du CO₂ et de la vapeur d'eau a été déterminante, nous ne nous y attardons pas ici, mais seulement sur les résultats. A ce sujet, consulter G. S. CALLENDAR, « Infra-red Absorption by Carbon Dioxide, with Special Reference to Atmospheric Radiation », *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 67, n° 291, 1941, p. 263-275

²⁰⁹ G. S. CALLENDAR, « The Artificial Production of Carbon Dioxide and its Influence on Temperature », *op. cit.*, p. 236

²¹⁰ Cité dans J. R. FLEMING, *The Callendar effect, op. cit.*, p. 74. Source : G. S. CALLENDAR, « The Composition of the Atmosphere through the Ages », *The Meteorological magazine*, n° 74, 1939, p. 33-39

²¹¹ G. S. CALLENDAR, « Variations of the Amount of Carbon Dioxide in Different Air Currents », *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 66, n° 287, 1940, p. 395-400

convection, des différences de comportement et de composition de l'atmosphère en fonction des latitudes et altitudes, du type de surface, du rôle de la nébulosité et de la condensation²¹², etc. En 1949, l'ingénieur-météorologue reprend ses calculs : non seulement l'élévation de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère est bien plus importante que prévue mais il met en évidence d'autres sources d'émissions : déforestation (ou plutôt « déblaiement » des forêts (*clearance for forests*)) et mise en culture des terres. Cependant, il se montre davantage prudent sur ses propres conclusions, qu'il considère comme un « exemple intrigant où ce qui est attendu se produit à grande échelle²¹³. »

Table 1.—Estimated effect of fuel combustion on atmospheric CO₂

Date	CO ₂ from fuel as p.p.m.	Total air CO ₂ p.p.m.	Observed values		
			Date	Authority	p.p.m.
to 1900	Small	290	1870–1900	Numerous (a)	290
1901–10	3	293	1910	Benedict (a)	303
1911–20	5	298	1922	Lundegath (b)	305
1921–30	5.5	303	1931	Carpenter (c)	310
1931–40	6	310	1935	Buch (a)	320
1941–50	6.5	316	—	—	—

Tableau 8 – Estimations de l'influence de la combustion de d'énergie fossile sur la concentration atmosphérique de CO₂ par Callendar²¹⁴.

Généralement, au tournant des années 1940 et durant les années 1950, la thèse de l'influence du CO₂ d'origine anthropique sur le climat gagne en crédibilité dans le champ scientifique quoiqu'elle y reste encore controversée²¹⁵. Le réchauffement climatique devient parallèlement un sujet dans l'espace public – des titres du *Times Magazine* et du *New York Times* paraissent à ce sujet²¹⁶. Callendar n'est pas du tout isolé, il se trouve au contraire

²¹² G. S. CALLENDAR, « Can Carbon Dioxide Influence Climate? », *Weather*, vol. 4, n° 10, octobre 1949, p. 310-314

²¹³ *Ibid.*, p. 314

²¹⁴ *Ibid.*, p. 312

²¹⁵ Outre celles de Callendar, les principales publications sont G. N. PLASS, « The Carbon Dioxide Theory of Climatic Change », *Tellus*, vol. 8, n° 2, 1956, p. 140-154 ; R. REVELLE et H. E. SUESS, « Carbon Dioxide Exchange Between Atmosphere and Ocean and the Question of an Increase of Atmospheric CO₂ during the Past Decades », *Tellus*, vol. 9, n° 1, 1957, p. 18-27 ; B. BOLIN et E. ERIKSSON, « The atmosphere and the sea in motion. Scientific contributions to the Rossby memorial volume », dans B. Bolin (éd.), *The Atmosphere and the Sea in Motion: Scientific Contributions to the Rossby Memorial Volume*, New York, Rockefeller Institute Press, 1959, p. 130-142

²¹⁶ J. R. FLEMING, *The Callendar effect, op. cit.*, p. 77-79. En 1958, Callendar fait observer que, suite aux travaux de radio-traçage menés par Revelle et Suess en 1957, le CO₂ atmosphérique semble entretenir un « échange actif avec les très grands réservoirs de CO₂ que sont l'océan et l'atmosphère » ; un doute supplémentaire sur la manière dont le CO₂ pourrait rester dans l'atmosphère est jeté : Callendar s'interroge sur les estimations

régulièrement cité par ses collègues. Parallèlement ses propositions spéculatives s'amenuisent et son propos devient de plus en plus technique, centré sur la discussion des données climatiques historiques²¹⁷. Faisant sans doute référence à ses propres écrits précédant la guerre, Callendar prévient dans l'un de ses derniers articles : « Quelques suggestions traitant de l'origine de ces tendances climatiques [du début du XXe siècle] seront mis en évidence à la fin de cet article, mais il s'agit d'un sujet difficile : de longue tradition une réserve de chasse pour la spéculation solide, la réputation de ce sujet souffre beaucoup de ce que trop peu savent séparer les faits de l'imagination²¹⁸. » Il y a comme un devenir-imperceptible de la question humaine : non pas qu'elle soit absente, car elle reste l'enjeu, mais elle est invisible, elle s'est intégrée au cadre général à partir duquel on peut problématiser le devenir climatique de l'époque.

Callendar est également intéressant dans son rapport à l'actualité. En effet, contrairement aux autres auteurs abordés, il place la question des âges glaciaires et du passé profond de la Terre au second ordre de ses préoccupations, seulement comme un plan sur lequel il est intéressant pour lui d'expérimenter les conséquences de ce qu'il discerne et raconte de l'actualité. Il mentionne par exemple les théories expliquant par des variations minimales de température globale les flux et reflux des glaciers, mais pour les confirmer dans son présent, par rapport aux élévations de températures et aux retraits des glaciers qui sont décrites dans les revues de son époque²¹⁹.

2.7 Du possible à la positivité

Finalement, ce parcours à grands pas dans les XVIIIe et XIXe siècles montre que c'est moins le CO₂ en lui-même qui focalise l'attention que *ce à quoi il permet de répondre*, à savoir une *question fondamentale*, qui engage les scientifiques à formuler des hypothèses spéculatives, malgré le positivisme dominant au XIXe siècle. Par spéculation nous entendons un exercice énonciatif qui élabore ses positivités à partir de propositions non-empiriques. Soulignons que dans le cas du type de spéculation auxquelles nous avons affaire, l'exercice spéculatif ne s'oppose pas à l'empirique, au contraire : il n'a de cesse d'y renvoyer, soit pour ouvrir le champ

disponibles de la vitesse d'absorption du CO₂. Cette question est éclairée dans l'année par Bolin et Eriksson en 1959. G. S. CALLENDAR, « On the Amount of Carbon Dioxide in the Atmosphere », *Tellus*, vol. 10, n° 2, 1958, p. 256

²¹⁷ G. S. CALLENDAR, « Temperature Fluctuations and Trends over the Earth », *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 87, n° 371, janvier 1961, p. 1-12

²¹⁸ *Ibid.*, p. 2

²¹⁹ G. S. CALLENDAR, « Air Temperature and the Growth of Glaciers », *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 68, n° 293, 1^{er} janvier 1942, p. 57-60.

d'investigation, soit au contraire pour en souligner les limites. Dans les deux cas, c'est un appel au spéculatif comme mode de pensée²²⁰. Que ce dernier semble s'effacer après la Seconde Guerre mondiale est un élément qu'il faudrait éclairer par d'autres travaux.

Ainsi, et contrairement à une idée répandue, le climat, et donc plus fondamentalement les conditions d'habitabilité de la Terre, ont depuis fort longtemps été considérés comme susceptibles de vastes fluctuations. Une telle découverte n'est absolument pas le privilège de la période contemporaine ni même de la glaciologie de la Guerre froide. Et il n'y a pas de reflux de cette idée depuis le début du XIXe siècle quoiqu'elle soit traduite diversement : la question des âges glaciaires est lentement actualisée sous celle des oscillations et des variations climatiques, termes officiellement actés au congrès de Varsovie par la Commission de climatologie de l'Organisation météorologique internationale en 1935, mais recouvrant la prodigieuse amplitude d'échelles de temps au cours desquelles le climat peut changer : allant des millions d'années à la simple journée²²¹.

Reste la place de l'action humaine dans cette mystérieuse et monumentale chorégraphie cosmique. On ne s'intéresse pas ici à la résurgence des théories du déterminisme environnemental qui établissent un lien de causalité entre la « civilisation » et le climat, le second imposant les conditions de l'ordonnement des sociétés selon un axe qui place à son sommet les sociétés industrielles européennes et américaines²²². Ce chapitre se focalise sur une autre ligne de pratiques que nous avons ici abordées, réunies par leur objet, le climat terrestre, dont il s'agit de déterminer le fonctionnement global pour lui-même. Ce qu'il y a de remarquable dans ces pratiques discursives, c'est que l'action humaine semble recodée : au XVIIIe siècle elle était perturbatrice d'équilibres hydriques, au XIXe siècle elle est progressivement décrite comme perturbatrice d'équilibres carbonés. Elle reste bien présente et il serait tentant de souligner à quel point la translation de l'eau au carbone la relègue aux marges de la spéculation hasardeuse. D'une part, il nous semble que de telles spéculations, quoiqu'elles puissent être jugées après coup comme telles, ne le sont pas pour les acteurs qui les énoncent dans la mesure où elles appartiennent aux réseaux d'énoncés véridiques de leur époque et de leurs travaux²²³ – c'est ainsi du moins que l'on peut les comprendre pour saisir ce qui pouvait

²²⁰ On peut cependant ajouter que c'est une erreur d'appréciation du regard historique que de voir dans le discours spéculatif un reliquat de non-science, une sorte de gangue stérile emprisonnant le précieux noyau de vérité scientifique qu'il faudrait libérer.

²²¹ P. PEDELABORDE, « Les oscillations climatiques », *op. cit.*

²²² Nous pensons bien sûr aux travaux du géographe américain Ellsworth Huntington et à leur influence. ELLSWORTH HUNTINGTON, *Civilization and Climate*, New Haven, Yale University Press, 1915 ; ELLSWORTH HUNTINGTON, *World Power And Evolution*, New Haven, Yale University Press, 1919 ; ELLSWORTH HUNTINGTON, *The Human Habitat*, New York, D. Van Nostrand Company, 1927.

²²³ Et l'on ne saurait faire le procès du chercheur fou, isolé, marginal : les cas que nous avons évoqués

être alors entrevu comme un possible admissible. D'autre part, le caractère minoritaire de l'action humaine dans le cycle du carbone nous suffit dans la mesure où la réponse à notre question, à savoir comment a été caractérisée l'action humaine dans le réseau discursif des savoirs s'intéressant à définir le climat global, s'y trouve : il y a présence, on pourrait même dire continuité de cette présence sur le mode du possible et montée en positivité tout au long des 150 ans qui suivent la Révolution Française. Et, pour l'époque, il n'est pas absurde que l'action humaine puisse être commensurable aux grands traits du fonctionnement de la Terre à son échelle maximale, contrairement à un présupposé récurrent²²⁴. Il semble alors que cet élément a des conséquences sur la manière de raconter l'événement géologique contemporain, qu'il nous faudrait par ailleurs prendre en compte.

relèvent plutôt d'acteurs de premier plan.

²²⁴ Par exemple, Weart affirme qu'avant la seconde moitié du XXe siècle « Personne n'imagine que les actions humaines, si infimes parmi les immenses pouvoirs de la nature, pourrait déranger l'équilibre qui gouverne la planète comme un tout » S. WEARTH, *The Discovery of Global Warming*, op. cit., p. 8

La géographie et l'usure du monde

Il est pour le moins étrange que la raison universelle soit incapable de franchir une chaîne de montagnes et que la volonté objective soit contrariée par le courant d'une rivière²²⁵.

— John Dewey, 1927

Mobilisant pour son propre compte les savoirs climatiques, la géographie propose, dès ses origines modernes au milieu du XIXe siècle, une description du monde ample et universaliste. Au-delà du climat, la géographie tente d'incorporer le plus grand nombre de composantes qui rendent compte de l'existence humaine à la surface terrestre. Rapidement, cette discipline thématise la finitude de l'espace terrestre, en tant qu'étendue géographique, certes, mais aussi en tant que « monde clos ». Trouvant des résonances avec le partage du monde africain par les puissances coloniales lors de la conférence de Berlin entre 1884 et 1885, la disparition des espaces non cartographiés et la constitution des marchés mondiaux, la géographie cherche alors à comprendre les structures de cette clôture sonnante la fin du monde en extension tout en annonçant de nouvelles frontières intensives²²⁶. Dans ce contexte, les géographes s'interrogent sur l'expression d'un nouvel agir humain pour lequel la mobilisation de la nature, à travers l'industrie, tend de plus en plus à s'accélérer. Au fil des lectures rétrospectives de l'histoire des énoncés environnementaux, les écrits de George Perkins Marsh représentent un marqueur souvent distingué pour leur actualité.

²²⁵ J. DEWEY, *Le Public et ses problèmes*, J. Zask (trad.), Paris, Gallimard, 2010, p. 125

²²⁶ ROBIC, « Geography », dans D. C. Lindberg *et al.* (éd.), *The Cambridge History of Science: Volume 7, The Modern Social Sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, 2003, p. 379-390

3.1 George Perkins Marsh

Au voisinage de la géographie bientôt institutionnalisée, l'États-unien George Perkins Marsh publie en 1864 *Man and Nature, or Physical Geography as Modified by Human Action*, ouvrage accueilli très favorablement et réédité à trois reprises. *The Earth as modified by human action*, publié en 1874 est une nouvelle édition de livre, qui est elle-même rééditée quatre fois – on pourrait affirmer que *Man and nature* a ainsi été éditée une dizaine de fois si l'on compte l'édition du géographe états-unien David Lowenthal en 1965, qui nous sert ici de référence. Mais ce succès, qui se poursuit dans le siècle après un court oubli au début de ce dernier, n'est pas effective de ce côté-ci de l'Atlantique²²⁷. Marsh ne possède pas le profil d'un scientifique, pas plus qu'il n'a fréquenté les bancs de zoologie ou d'histoire naturelle – mais s'est largement cultivé dans des domaines variés allant de la géographie à la climatologie²²⁸. Avocat de formation, il est, durant sa vie professionnelle, élu au Congrès puis ambassadeur adjoint en Turquie et en Italie. Il s'est également adonné à de nombreuses activités économiques, sans succès : élevage de mouton, fabrique de laine, construction de routes et de ponts, commerce de bois et de biens immobiliers, mais aussi éditeur de journal²²⁹. Bien plus que dans le domaine de la géographie, il est initialement considéré comme un contributeur du domaine de la recherche en histoire et en linguistique²³⁰.

Marsh est tout à fait explicite quant à l'objet de son projet, et de ses successives rééditions, qui reste clair et inchangé :

[...] révéler la nature, et, approximativement, l'étendue des changements produits par l'action humaine au sein des conditions physiques du globe que nous habitons ; de désigner les dangers de la témérité et la nécessité d'une prudence dans toutes les opérations qui, à grande échelle, interfèrent avec les arrangements spontanés du monde organique et inorganique ; de suggérer la possibilité et l'importance de la restauration des harmonies perturbées [...] ; et, accessoirement, d'illustrer la doctrine selon laquelle l'homme est, en degré et en nature, une force d'un ordre supérieur que toutes les autres formes de vie [...]²³¹

²²⁷ E. RODARY, « Présentation de L'homme et la nature ; ou la géographie physique modifiée par l'action humaine », *Ecologie & politique*, I, n° 35, 2008, p. 156-158

²²⁸ Il n'est donc pas tout à fait un « scientifique respecté ». A. FEDERAU, *Pour une philosophie de l'Anthropocène*, *op. cit.*, p. 160

²²⁹ D. LOWENTHAL, « Introduction », dans *Man and Nature: Or, Physical Geography as Modified by Human Action*, Cambridge, Harvard University Press, 1965, p. xii

²³⁰ E. RODARY, « Présentation de L'homme et la nature ; ou la géographie physique modifiée par l'action humaine », *op. cit.*, p. 159. David Lowenthal dit de lui qu'il pouvait lire dans une vingtaine de langues D. LOWENTHAL, « Man and Nature », *op. cit.*, p. x.

²³¹ G. P. MARSH, *The Earth as modified by human action: A last revision of « Man and Nature »*, New York, Charles Scribner's Sons, 1885, p. 3-4, nous traduisons.

Contrairement sans doute à ce que peut laisser entendre la relecture des promoteurs de la notion d'Anthropocène, les changements évoqués par Marsh sont surtout d'ordre géographique, y compris dans sa dimension climatique, laquelle n'est selon lui pas encore assez mesurée et du point de vue théorique trop controversée²³². Chez Marsh les modifications de la Terre sont nombreuses et amples : végétations, animaux, modification des cours d'eau, création de dunes artificielles, modification des marées et de certains climats locaux, etc. L'influence humaine s'exerce d'abord sur les milieux locaux ou régionaux : forêts, climats locaux, sols, eaux mais aussi sur la géographie superficielle²³³.

Du point de vue théorique, l'humanité est envisagée comme une force dérangeant l'harmonie d'une nature constituée par des équilibres quasi-intemporels, et la destruction qu'elle provoque constitue la preuve de son appartenance à un « ordre supérieur d'existence » par rapport aux autres entités²³⁴.

En résumé, sans l'homme, les animaux inférieurs et la vie végétale autonome auraient pu rester constants en termes de type, de distribution et de proportion, et la géographie physique de la Terre serait restée inchangée pour des durées indéfinies, et sujette aux révolutions seulement dans le cas de causes cosmiques inconnues ou par l'action d'origine géologique²³⁵.

Les changements provoqués par l'action humaine, semble affirmer Marsh, sont si nombreux et amples qu'ils rivalisent avec les processus naturels. Il déclare en particulier que la destruction des forêts pourrait conduire à une véritable catastrophe planétaire :

Les collines bien pourvues en bois et en humidité sont changées en crêtes de roches arides, qui encombre les sols inférieurs et coupent les cours d'eau de ses débris et [...] la terre entière, si elle n'est pas sauvée de la dégradation physique vers laquelle elle tend par l'art humain, devient un assemblage de montagnes dénudées, de terres stériles, de colline sans herbe, et de plaines marécageuses porteuses de malaria²³⁶.

Cependant, qu'ils soient bénéfiques ou non, intentionnels ou non, les changements provoqués restent d'une ampleur moindre que ceux que les forces de la « nature » peuvent déployer. Ainsi rappelle-t-il :

²³² *Ibid.*, p. 20-28. . Voir également dans *The Earth as modified by human action : Ibid.*, p. 14-26. Marsh indique dans une note à ce sujet que le « sujet du changement climatique, avec ou sans référence à l'action humaine comme cause, a été amplement discuté » par de nombreux auteurs en Europe et aux Etats-Unis. Mais ce dernier insiste lourdement sur le caractère controversé jusqu'à présenter les oppositions de Gay-Lussac et de Becquerel. G. P. MARSH, *Man and Nature: Or, Physical Geography as Modified by Human Action.*, Cambridge, Harvard University Press, 1965, p. 140-141

²³³ G. P. MARSH, *Man and Nature*, 1965, *op. cit.*, p. 3-4

²³⁴ *Ibid.*, p. 36

²³⁵ *Ibid.*, p. 38

²³⁶ *Ibid.*, p. 42

J'ai souvent évoqué les plus grandes et plus subtiles forces de la nature, et particulièrement les agentivités [*agencies*] géologiques, en tant que pouvoir dépassant le contrôle et la résistance humaines. Il n'y a aucun doute à présent sur cette vérité, mais l'homme a démontré qu'il n'est pas tout à fait incapable de lutter même avec ces puissances au service de la nature, et ses actions inconscientes autant que délibérés peuvent dans certains cas avoir augmenté ou diminué l'intensité de leurs énergies²³⁷.

Marsh intègre dès la première édition de *Man and Nature* la question des limites des ressources par rapport à l'accroissement d'une population que l'on qualifierait de « classe moyenne » aujourd'hui, c'est-à-dire désireuse de s'adonner aux loisirs auparavant réservés « aux classes privilégiées »²³⁸. Selon Estienne Rodary, Marsh constitue pourtant une géographie originale et rétrospectivement actuelle dans la mesure où ce dernier n'isole pas les termes d'humanité et de nature, mais étudie leur relation dynamique, tout en prenant en compte la question des menaces que font peser la trajectoire économique sur le second²³⁹. Cependant, une telle lecture rétrospective doit préciser que l'objet de Marsh n'est pas de caractériser une séquence temporelle de la Terre dont la définition s'appuierait sur l'ampleur de l'action humaine, pas plus qu'il ne s'agit de déterminer les conséquences globales d'un agir – si ce n'est que la globalité reste de surface, et en deçà de ce qui est nécessaire pour évoquer le temps géologique.

Dans *The Earth as Modified by Human Action* (1874), Marsh cite l'abbé Stoppani et sa thèse de l'ère Psychozoïque. « La création de l'homme, » dit-il, « a été l'introduction d'un nouvel élément dans la nature, d'une force et d'une universalité qui peut être comparée aux plus grandes forces terrestres. » Mais Marsh poursuit : « Il a déjà été abondamment montré que, bien que les conséquences non-intentionnelles et imprévues des actions humaines sur les conditions géographiques de la Terre aient peut-être été, jusqu'à ce jour, plus grandes et plus révolutionnaires que les conséquences qu'il visaient, il existe presque aucune limite assignable à sa velléité de contrôle sur la nature terrestre²⁴⁰. » Cependant, Marsh se garde bien de juger de la pertinence d'un tel âge, et ce propos rapporté ne lui est utile que pour introduire son dernier chapitre ; il ne développe pas d'argumentation liée à l'histoire de la Terre.

²³⁷ *Ibid.*, p. 459 voir aussi dans ce sens : *Ibid.*, p. 39.

²³⁸ Cité dans E. RODARY, « Présentation de L'homme et la nature ; ou la géographie physique modifiée par l'action humaine », *op. cit.*, p. 160

²³⁹ *Id.*

²⁴⁰ G. P. MARSH, *Man and Nature*, 1885, *op. cit.*, p. 584. Nous traduisons

3.2 La géographie soucieuse de l'usure du monde

L'action humaine sur surface terrestre et les climats a bien été objet d'examen au sein de la géographie, et on ne saurait sous-estimer l'abondance de la littérature traitant ce sujet entre la seconde moitié du XIXe et la Seconde Guerre mondiale. Selon Rodary et Chartier, cette discipline a même « été une des premières disciplines à développer une démarche englobante incluant l'étude des sociétés humaines et des milieux naturels » notamment par l'usage des « concepts de milieu et de paysage²⁴¹ ». Pourtant, entre les provenances académiques et géographiques, il existe des bifurcations importantes : géographie physique, géographie biorégionale, géographie humaine, etc. Mais chacune de ces tendances a, à sa façon, tenté d'allier l'analyse des groupes humains et celle de leur milieu physique ; d'où la prolifération de noms au cours du XIXe siècle, note Philippe Pelletier :

« éthologie » par Isidore Geoffroy Saint-Hilaire (1859), « mésologie » par Charles-Philippe Robin (1848) et popularisé par Louis-Adolphe Bertillon (1865), « écologie » par Ernst Haeckel (1866), « hexicologie » par Saint-Georges Mivart (1880), « physiographie » par Thomas Huxley (1870) ou « bionomie » par E. Ray Lankester (1889)²⁴².

De plus, à cette époque naît au sein de cette discipline une préoccupation environnementaliste, à laquelle Marsh contribue. Si elle peut apparaître secondaire au regard des autres thèmes que ce savoir se donne, elle n'est pas pour autant négligeable et ce jusqu'à la première moitié du XXe siècle²⁴³, contrairement au récit qui la verrait ressurgir à la fin du siècle seulement, à la lumière de l'actualité des bouleversements écologiques de plus en plus présents dans l'espace public²⁴⁴.

A ce titre, les travaux du géographe anarchiste Élisée Reclus font parfois office de travaux pionniers de l'écologisme²⁴⁵. Considérant tout d'abord l'influence de la nature sur les groupes humains puis cherchant les lois de leur développement, Reclus déplore également les multiples destructions que le mode d'organisation des sociétés industrielles provoque²⁴⁶. Mais

²⁴¹ D. CHARTIER et E. RODARY, *Manifeste pour une géographie environnementale*, Paris, Presses de Sciences Po, 2016, p. 17

²⁴² P. PELLETIER, D. CHARTIER et E. RODARY, « Pourquoi Élisée Reclus a choisi la géographie et non l'écologie », dans *Manifeste pour une géographie environnementale*, Paris, Presses de Sciences Po, 2016, p. 104

²⁴³ Voir notamment le très fourni chapitre 6 de la thèse de doctorat J.-B. ARRAULT, *Penser à l'échelle du Monde. Histoire conceptuelle de la mondialisation en géographie (fin du XIXe siècle/entre-deux-guerres)*, *op. cit.*

²⁴⁴ Ce récit se trouve par exemple présent dans D. CHARTIER et E. RODARY, *Manifeste pour une géographie environnementale*, *op. cit.*, p. 25

²⁴⁵ Voir par exemple A. DEBOURDEAU (éd.), *Les grands textes fondateurs de l'écologie*, Paris, Flammarion, 2013

²⁴⁶ P. PELLETIER, D. CHARTIER et E. RODARY, « Pourquoi Élisée Reclus a choisi la géographie et non

il n'est pas le seul. Autour de l'emploi de la catégorie de *Raudwirtschaft*, de nombreux géographes européens, y compris Reclus prennent en charge la question du pillage d'origine économique : notamment Friedrich Ratzel, Karl Ritter, Ernst Friedrich, Jean Brunhes, Charles Flahault ou Alexandre Charles Surell²⁴⁷. D'autres auteurs comme Alexandre Veikof, professeur de géographie à l'université de Saint Petersburg, apportèrent une contribution importante à l'analyse des modifications environnementales provoquées par l'action humaine²⁴⁸.

Plus généralement, de plus en plus de géographes, surtout à partir des années 1900, se préoccupent de la finitude des ressources, notamment s'agissant des minerais et du pétrole²⁴⁹. Bien des aspects des débats qui nous sont contemporains s'y trouvent : non seulement la finitude des ressources sur la Terre, mais aussi les limites des techniques et pratiques humaines et les appels à la responsabilité comme à l'usage raisonné des ressources. Ces discours sont souvent articulés à la valorisation d'une certaine idée de ce qu'il était convenu d'appeler la « civilisation ». Par exemple, chez Reclus, ces aspects se croisent avec une condamnation des pratiques barbares, assimilées à de nombreux peuples non-européens asséchant la Terre, face à la pratique intelligente de « l'homme civilisé » que Reclus distingue de l'agir industriel, qu'il condamne également²⁵⁰. Cependant, comme le note Jean-Baptiste Arrault dans une thèse consacrée à l'histoire conceptuelle de la géographie au tournant du XIXe siècle :

Les textes prenant pour objet la production de matières premières [...] associent étroitement la mesure des réserves à la question de l'épuisement : parler de ressources devient parler d'une durée de consommation. En outre, si la plupart des auteurs contestent l'idée d'épuisement, il y a parfois débat, et en tout cas souvent critique des gaspillages, pillages et autres exploitations non réfléchies²⁵¹.

S'il y a donc une préoccupation certaine pour l'usure du monde, il ne s'ensuit par toutefois qu'elle se traduise par un ton pessimiste. Par exemple, la géographe Marion Newbigin, autrice d'ouvrages plusieurs fois réédités de géographie physique des plantes et des animaux et de l'Europe du Sud²⁵², publie en 1912 *Man and His Conquest of Nature*, court ouvrage lui-même réédité à trois reprises au moins. Après un hommage aux géographes français, elle décrit

l'écologie », *op. cit.*

²⁴⁷ P. MATAGNE, « Géographie-écologie : Occasions manquées et opportunités », dans D. Chartier et E. Rodary (éd.), *Manifeste pour une géographie environnementale*, Paris, Presses de Sciences Po, 2016, p. 125-140

²⁴⁸ W. J. THOMAS, *Man's Role in Changing the Face of the Earth*, Chicago, University of Chicago Press, 1956, vol. 1/2, p. xxx-xxxii

²⁴⁹ J.-B. ARRAULT, *Penser à l'échelle du Monde. Histoire conceptuelle de la mondialisation en géographie (fin du XIXe siècle/entre-deux-guerres)*, *op. cit.*, p. 361-382

²⁵⁰ *Ibid.*, p. 361

²⁵¹ *Ibid.*, p. 365

²⁵² M. I. NEWBIGIN, *Plant And Animal Geography* (1936), 2^e éd., London ; New York, Methuen & Co ; E. P. Dutton, 1957 ; M. I. NEWBIGIN, *Southern Europe* (1932), 3^e éd., London ; New York, Methuen & Co ; E. P. Dutton, 1949

les secteurs et les usages des mondes organiques et inorganiques à travers l'espace et le temps, et la domination humaine sur la nature mais sans y voir un souci d'ordre moral²⁵³. Plus généralement, si le moment discursif géographique s'articulant autour de la question des ressources – et conjointement à d'autres thèmes connexes comme celui de la démographie – formule un *ethos*, c'est celui de « l'exploitation rationnelle du globe » prenant place au sein d'un « aménagement du globe » plus général. Avec force détails, Arrault rappelle le cas édifiant du géographe Maurice Zimmermann, formulant une problématique qui se retrouve chez Hahn, Brunhars, Clerget, Friedrich ou encore Reclus :

Nous avouons qu'il nous est impossible de comprendre l'indifférence que montrent les nations civilisées devant ce gaspillage grossier et sans objet des ressources animales que présentent encore le monde polaire. Chacun semble se résigner de gaieté de cœur à voir disparaître dans peu d'années toute cette faune de grands animaux : baleines et rorquals, morses, phoques, rennes, bœufs musqués, etc. (...) Cependant, sait-on au juste quel parti une exploitation rationnelle pourrait tirer de cette faune ? Est-on fixé sur son rôle dans l'équilibre de la nature vivante ? Il y a dans ces pratiques une insouciance digne de barbares²⁵⁴.

Peignant le paysage de la discipline géographique à partir de ces aspects, Arrault rappelle que la « question des matières premières est donc devenue [...] l'objet de préoccupations qui se positionnent très explicitement à l'échelle mondiale²⁵⁵. » Pour autant, ces préoccupations dans le domaine en plein essor des géographies ne concernent pas l'histoire de la Terre. Il n'y a pas de tentative de répondre aux normes disciplinaires de la géologie qui se sont instaurées au cours du XIXe siècle. Jamais n'apparaît une séquence temporelle caractérisée par l'action humaine et qui serait commensurable avec d'autres grands changements qu'a subi le globe. L'agir humain sur le globe ne fait jamais événement, dans la mesure où l'ampleur de cet agir n'est pas explicitée comme rupture dans l'histoire planétaire. L'exception peut en effet se trouver thématifiée comme une singularité spatiale ou matérielle, mais pas comme singularité au sein d'une régularité temporelle. Pour trouver des traces de ces discours, il faut plutôt s'intéresser à la géologie.

²⁵³ M. I. NEWBIGIN, *Man and His Conquest of Nature* (1912), 3^e éd., London, A. and C. Black, 1922

²⁵⁴ M. ZIMMERMANN, « Croisière du Duc d'Orléans dans l'Atlantique boréal en 1909 », *Annales de géographie*, n° 103, 1910, p. 95 cité par J.-B. ARRAULT, *Penser à l'échelle du Monde. Histoire conceptuelle de la mondialisation en géographie (fin du XIXe siècle/entre-deux-guerres)*, op. cit., p. 371

²⁵⁵ J.-B. ARRAULT, *Penser à l'échelle du Monde. Histoire conceptuelle de la mondialisation en géographie (fin du XIXe siècle/entre-deux-guerres)*, op. cit., p. 382

La géologie et la dernière époque de l'histoire de la Terre

The earlier geologists were inclined to regard man's agency in geological progress as rather trivial, perhaps because physiographic geology, in which his influence is felt chiefly, was then less studied than other phases with which he has little to do. The fact probably is that no previous agent, in an equal period of time, has so greatly influenced the life of the land, or the rate of land-degradation, as man has since the agricultural epoch was well established. That this influence will be increased during coming centuries seems clear²⁵⁶.

— Chamberlin et Salisbury, 1914

Si, par l'entremise de la couche gazeuse qui recouvre et change la Terre, l'humanité entre dans les relations géologiques, qu'en est-il de la Terre elle-même ? Sur la Terre, que l'on présuppose aujourd'hui inaltérable, l'humanité a-t-elle été conceptuellement dépourvue de toute agentivité géologique jusqu'à l'avènement de la notion d'Anthropocène ? Federeau et Hansen remarquent la présence chez des auteurs variés de plusieurs unités de temps géologique liées à l'humanité : « période anthropique » ; « âge de l'homme » ; « âge de l'esprit et ère de l'homme » ; « Psychozoïque » et même « Anthropocène »²⁵⁷. Ainsi, la mobilisation de certains auteurs montrerait certes que la place de l'humanité dans l'histoire de la Terre n'est pas

²⁵⁶ T. C. CHAMBERLIN et R. D. SALISBURY, *Introductory Geology: a Textbook for colleges*, New York, H. Holt and co., 1914, p. 682

²⁵⁷ A. FEDERAU, *Pour une philosophie de l'Anthropocène*, op. cit., p. 167-161 ; P. H. HANSEN, *The Summits of Modern Man: Mountaineering After the Enlightenment*, Cambridge, Harvard University Press, 2013, p. 290-293

étrangère à cette discipline. Quand ces auteurs ne sont pas considérés comme des précurseurs, c'est toutefois pour des raisons tributaires d'une conception discontinuiste de l'histoire des sciences se fondant sur des hiatus d'ordre conceptuel.

Or, ce que nous voudrions évaluer dans ce chapitre, c'est la place de ces propositions dans l'histoire de la discipline émergente de la géologie entre la seconde moitié du XIXe siècle et la première moitié du XXe siècle non pas au regard de telles discontinuités, mais en nous demandant si les propositions d'âges, d'ères, de périodes ou d'époques géologiques humaines relèvent d'un aspect mineur du dire géologique de cette longue période, ou bien si au contraire ces propositions en constituent un fait majoritaire. Car au-delà de la question épistémologique de savoir si nous avons affaire ou non à des précurseurs, la question de la place de l'humanité dans le dire géologique moderne constitue pour nous le problème central.

Or, au premier abord, rien n'est plus incertain. En effet, les ouvrages de vulgarisation du XIXe siècle ne semblent pas montrer une grande appétence pour ces termes. Le livre du vulgarisateur Louis Figuier, *La Terre avant le déluge*, n'y fait aucunement référence²⁵⁸, pas plus que le *Traité de géologie* d'Albert de Lapparent²⁵⁹, l'*Encyclopédie générale des deux mondes*²⁶⁰, le *Traité élémentaire de géologie, minéralogie et géognésie* de Barruel²⁶¹, ou encore le *Manual of Elementary Geology* de Lyell²⁶². Du côté des dictionnaires, la situation est équivalente. Le *Dictionnaire de géologie* d'Adolphe Chesnel, même participant d'une « encyclopédie théologique » et évoquant une septième époque ne confère explicitement la place centrale à l'humanité²⁶³ ; les dictionnaires de Chanel et Landrin, quant à eux, ne mentionnent que le terme « Anthropéen » pour qualifier les terrains appartenant à la formation dans laquelle est apparue l'humanité²⁶⁴ ; les dictionnaires de Beaujean, Coder et Meunier n'y font même pas référence²⁶⁵. Le géologue suisse Eugène Renevier inclut certes dans son *Tableau des terrains sédimentaires* de 1874 une « période anthropique » qui succède au quaternaire²⁶⁶,

²⁵⁸ L. FIGUIER, *La terre avant le déluge*, 4^e éd., Paris, Hachette, 1864

²⁵⁹ A. de LAPPARENT, *Traité de géologie*, Paris, Librairie F. Savy, 1885

²⁶⁰ F. de BOYERES (éd.), *Encyclopédie générale des deux-mondes*, Paris, Chez l'auteur, 1874

²⁶¹ G. BARRUEL, *Traité élémentaire de géologie, minéralogie et géognésie*, Paris, Aimé André, 1839

²⁶² C. LYELL, *A Manual of Elementary Geology*, 4^e éd., London, John Murray, 1852

²⁶³ A. de CHESNEL et J.-B.-J. CHAMPAGNAC, *Dictionnaire de géologie : suivi d'esquisses géologiques et géographiques*, Petit Mont-Rouge, J.-P. Migne, 1849

²⁶⁴ É. CHANEL, *Dictionnaire de géologie, étymologie, paléontologie, minéralogie*, Bourg, Courrier de l'Ain, 1897 ; H. LANDRIN, *Dictionnaire de minéralogie, de géologie et de métallurgie*, Paris, Firmin Didot, frères, 1856

²⁶⁵ V. BEAUJEAN, *Dictionnaire des principaux termes de géographie, de topographie, de géologie et d'art militaire*, Bruxelles, C. Muquardt, 1882 ; V. CODER, *Dictionnaire abrégé de géologie*, Marseille, impr. de A. Garry, 1891 ; S. MEUNIER, *Dictionnaire de géologie*, Paris, Dunod, 1926

²⁶⁶ E. RENEVIER, *Tableau des terrains sédimentaires formés pendant les époques de la phase organique du globe terrestre*, Lausanne, Librairie Rouge & Dubois, 1874, p. 15-16 cité dans A. FEDERAU, *Pour une philosophie de l'Anthropocène*, op. cit., p. 162.

mais toute mention d'un âge de l'humanité disparaît dans la seconde édition renommée *Chronographe généalogique* en 1897²⁶⁷. Dans la seconde édition du *Popular Educator* de 1888, la revue où publie Jenkyn une définition de l'Anthropozoïque en 1854, toute mention à ce terme ou à un « âge de l'homme » a disparu²⁶⁸.

Tout porterait ainsi à croire que durant le XIXe siècle et le début du XXe siècle, c'est-à-dire durant la période durant laquelle la géologie se constitue comme discipline, l'idée d'un tel âge disparaîtrait de ses considérations légitimes. Un tel fait confirmerait l'hypothèse de la séparation des temporalités humaines et géologiques, courante dans le récit des sciences géologiques servant de fondement à l'interprétation historique de la notion d'Anthropocène, dans la mesure où elle consisterait en l'introduction récente d'un agir géologique de l'humanité dans une tradition majoritairement indifférente à ce thème. En examinant la façon dont les différents termes se rapportant à l'humanité dans les travaux géologiques du XIXe siècle et du début du XXe siècle sont mobilisés et définis, nous allons analyser leur statut d'exceptionnalité. Il s'agira alors de montrer en quoi elles participent de l'histoire longue de la géologie, et ne possède en rien le caractère visionnaire ou minoritaire qu'on serait susceptible de leur attribuer.

4.1 Fonder ontologiquement la possibilité d'un temps humain

Tout d'abord, il convient de remarquer que la définition de l'époque la plus récente dans l'histoire de la Terre est associée dès le début du XIXe siècle non pas nécessairement à l'activité matérielle de l'humanité, ou d'une partie de celle-ci, mais à son avènement dans l'histoire du monde. Dans son manuel de géologie, Lyell emploie le terme « *Recent* » afin de désigner la période géologiquement actuelle ou « période humaine », même s'il caractérise cette période sans recours à un indice géologique d'origine humaine mais par la présence d'espèces de coquillages non-éteintes dans les dépôts de cette période²⁶⁹. Ainsi, dans cette définition, le terme « *Recent* » renvoie conceptuellement non pas à une influence géologique d'origine humaine, mais à une caractérisation de ce terme par une simple présence temporelle de l'humanité. Néanmoins, une telle présence n'est pas fortuite ou le reflet d'une convention arbitraire.

Au premier abord, on pourrait estimer que Lyell n'attribue pas d'importance

²⁶⁷ E. RENEVIER, *Chronographe géologique*, 1^{re} éd., Lausanne, G. Bridel, 1897

²⁶⁸ *The Popular Educator: A Complete Encyclopaedia of Elementary, Advanced and Technical Education*, London, Cassell, Petter & Galpin, 1888, 6 vol.. Les articles ne sont d'ailleurs plus signés ce qui rend difficile d'en authentifier l'auteur.

²⁶⁹ C. LYELL, *A Manual of Elementary Geology*, *op. cit.*, p. 166-117.

géologique à l'humanité. En effet, nonobstant les modifications biologiques par la sélection artificielle des espèces et l'action climatique humaine due au défrichement qu'il reconnaît, l'humanité ne possède guère une influence géologique au sens matériel du terme. Ainsi, par exemple, Lyell estime-t-il dans le chapitre XII du deuxième volume des *Principles*, que :

[...] la force totale exercée par l'homme est réellement insignifiante comparée aux opérations des grandes causes physiques à l'œuvre [...] dans le monde inanimé. Si toutes les nations de la Terre essayaient de déplacer la lave qui s'est écoulée lors de l'éruption des volcans islandais en 1783 et durant les deux années suivantes, et si elles essayaient de l'enfouir dans les plus profonds abîmes de l'océan, là où cette lave rejoindrait les profondeurs desquelles elle s'éleva à travers le conduit volcanique, ces nations pourraient travailler d'arrachepied durant des millénaires avant que leur tâche ne fût accomplie. Pourtant, la matière charriée par le Gange et le Brahmapoutre en une seule année est probablement supérieure, en masse et en volume, à la quantité de lave islandaise produite par cette grande éruption²⁷⁰.

Que l'action matérielle de l'humanité soit ainsi négligeable par rapport aux autres forces de la nature doit être compris dans le cadre des thèses de Lyell sur la causalité géologique. Non seulement toutes les causes géologiques du passé doivent être inférées à partir des causes contemporaines, mais il existe aussi un équilibre global dans lequel les changements, toujours progressifs, s'effectuent dans un lieu sont compensés par d'autres changements graduels en un autre emplacement de la Terre ou un autre temps. Cependant, le statut de l'humanité dans l'histoire de la Terre n'est pas pour autant indifférent à Lyell. Mais alors comment qualifier la position ontologique de l'humanité ? Doit-elle se comprendre comme une cause physique à l'instar des autres vivants ou les agentivités inorganiques, ou bien doit-on lui reconnaître une originalité absolue par rapport au reste de la création ? Si tel était le cas, quel sens lui reconnaître dans l'histoire de la Terre ?

²⁷⁰ C. LYELL, *Principles of Geology: Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface, by Reference to Causes Now in Operation*, 1^{re} éd., London, John Murray, 1832, vol. II, p. 207-208



Figure 6 – Frontispice de la première édition du volume II des *Principes* de Lyell, représentation de la vallée du Mont Etna. En figurant la coexistence d'un volcan actif, de monts rocheux dénudés et d'une vallée sur laquelle la vie s'épanouit, l'image nous donne à contempler les puissances relatives dans l'ordre des causes Terrestres. Les massifs rocheux occupent un espace considérable en regard de la zone d'habitabilité du vivant, mais les traits rectilignes dessinés par la végétation semblent indiquer un vivant cultivé par la main humaine²⁷¹.

Pour autant, dans le chapitre IX du premier volume des *Principles*, Lyell constate que le problème est que l'humanité relève d'une « agentivité singulière et sans précédent » dans l'histoire la Terre, ne serait-ce qu'au regard de la « preuve géologique » de l'influence humaine sur les autres espèces. Celle-ci s'exerce à la fois sur leurs « instincts », leur « distribution géographique », leur « nombre relatif », tout ceci à « un degré supérieur » et d'une manière très différente par rapport à la façon dont les autres espèces interagissent entre elles. En outre, à chaque génération, l'espèce humaine diffère « plus d'elle-même en termes de puissance par rapport à deux périodes éloignées qu'une espèce de l'ordre supérieur des animaux ne diffère d'une autre. » Donc la nouveauté est moins relative à un déplacement de matière qu'à la *forme* des modifications à l'œuvre ainsi qu'à leur *dynamique* très rapide. Cette nouveauté dans l'histoire de la Terre est pour Lyell très récente par rapport à la durée d'existence des autres êtres, si bien qu'elle remet en question l'impassible et sempiternelle régularité du temps géologique : un « philosophe » ne pourrait guère « spéculer avec confiance au sujet de futures éventualités »²⁷². Lyell se propose alors de se placer du point de vue d'un « être intelligent »

²⁷¹ C. LYELL, *Principles of geology*, vol. II, *op. cit.*

²⁷² C. LYELL, *Principles of Geology: Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's*

non humain, observant cette irrégularité géologique : que devrait-il en déduire ? Non pas « qu'aucune des lois stables et constantes du monde animé ou inanimé n'a été subvertie par l'agentivité humaine », mais bien que « les modifications produites étaient dues à des circonstances nouvelles et extraordinaires, et que celles-ci n'étaient point de nature physique mais morale »²⁷³. Lyell semble ainsi faire de l'humanité une exception ontologique à tout son système, qui suppose une asymétrie entre passé et futur qu'il assume totalement :

Or, s'il est raisonnable de tirer de telles inférences quant à l'avenir, nous ne pouvons qu'appliquer les mêmes règles d'induction au passé. On ne contestera guère que nous n'avons pas le droit de projeter dans le futur des changements dans les effets des causes existantes qui ne soient pas conformes au principe d'analogie, à moins qu'elles ne soient produites par le développement progressif de la puissance humaine, ou peut-être par quelque autre relation nouvelle entre le monde moral et le monde matériel. De même, nous devons admettre que, lorsque nous spéculons sur les vicissitudes de la création animée et inanimée dans les âges du passé, nous n'avons aucune raison de nous attendre à des effets anormaux, à moins que l'homme ne soit intervenu, ou que des indications claires de quelque autre source morale de perturbation temporaire n'apparaissent²⁷⁴.

Par conséquent, il y a chez lui à la fois une quasi-indifférence matérielle de la Terre à l'égard de l'humanité et un événement géologique constitué par la singularité humaine que Lyell n'attribue pas explicitement à Dieu. En outre, l'événement humain n'est pas appelé à durer chez le géologue, ou, plus exactement, la durée de l'existence humaine sur le globe ne constitue point un critère pour asseoir l'importance géologique de l'agent moral. C'est presque le contraire dans la mesure où Lyell insiste sur le fait que l'action physique et l'existence morale sont bien appelées à disparaître, et qu'alors l'histoire de la Terre reprendra son cours normal²⁷⁵. A la fin de sa vie, plus de quarante ans après la première édition des *Principles*, Lyell maintient et affirme sa position sur la possibilité de modifications matérielles importantes sur le globe, avec cependant une légère inflexion : en effet, il reconnaît alors « la possibilité d'une loi d'évolution et de progrès » dans la vie même, ce qui rend en retour le monde moral capable, en principe et non encore actuellement, de se mesurer aux forces du globe en tant qu'il relève aussi d'une causalité physique²⁷⁶.

Surface, by Reference to Causes Now in Operation, 1^{re} éd., London, John Murray, 1830, vol. I, p. 163

²⁷³ *Ibid.*, p. 164. Nous devons à un article de Robert Davis la découverte de ce passage qu'il cite. Cependant, nous l'analysons ici différemment. R. DAVIS, « Inventing the Present: Historical Roots of the Anthropocene », *Earth Sciences History*, vol. 30, n° 1, décembre 2011, p. 72-73

²⁷⁴ C. LYELL, *Principles of Geology: Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface, by Reference to Causes Now in Operation*, op. cit., p. 164

²⁷⁵ *Ibid.*, p. 163-164 ; C. LYELL, *Principles of geology*, vol. II, op. cit., p. 206-207

²⁷⁶ Voir à ce sujet la douzième édition des *Principles*. Curieusement Lyell a retiré son expérience de pensée et n'interprète plus le monde moral comme étant seulement en lui-même un événement géologique, mais précise que l'action matérielle s'y rapportant peut le devenir – quoique cette action soit dans ses traits généraux

Cependant, c'est véritablement à partir de la seconde moitié du XIXe que les occurrences de termes se rapportant géologiquement à l'humanité apparaissent. Souvent attribué à l'abbé Stoppani, le terme « Anthropozoïque » n'est toutefois pas son invention. Il est mentionné par le professeur britannique de théologie et géologue Thomas W. Jenkyn dans des écrits de vulgarisation deux décennies auparavant. Publiés dans la revue *Popular Educator*, ces textes prennent part à une entreprise de vulgarisation encyclopédique dans un format hebdomadaire et bon marché, atteignant 100 000 abonnements et regroupant la plupart des disciplines savantes et techniques²⁷⁷. Tous les thèmes y sont déjà présents : modification du climat, transport et modification des plantes et des animaux (par sélection), extermination des grands prédateurs, agriculture, déplacement de matière inorganique, etc.²⁷⁸ Néanmoins, pour Jenkyn l'action humaine est trop récente pour exercer une influence décisive du point de vue géologique :

L'Homme n'a pas habité la surface de la Terre depuis aussi longtemps que les plantes et les animaux, pas plus que sa race n'a été aussi amplement disséminée que ne l'ont été la faune et la flore du globe, et par conséquent il n'a disposé ni du temps ni de l'espace que ces derniers ont eu pour exercer une influence profonde et significative sur la croûte terrestre. Cependant, partout où l'humanité s'est installée et a promu la civilisation, il s'est produit de grands changements géologiques à la surface du globe²⁷⁹.

Ainsi, dans sa classification, Jenkyn ne propose pas d'intégrer l'Anthropozoïque dans celle de Lyell, mais formule une simple observation au contraire s'y conformant, sans revenir sur celle-ci :

Toutes les roches récentes, nommées dans notre dernière leçon Post Pléistocène, auraient pu être appelées Anthropozoïque, c'est-à-dire des roches correspondant à l'existence de l'humanité, excepté le fait que leur division inférieure contient des fossiles de toutes les espèces de coquillages existant, sans aucuns restes ou traces de la race humaine²⁸⁰.

plus proche de celles d'autres espèces que couramment imaginé. C. LYELL, *Principles of Geology: or, The Modern Changes of the Earth and its Inhabitants, Considered as Illustrative of Geology*, 12^e éd., London, John Murray, 1875, vol. I, p. 169-171

²⁷⁷ CASSELL & COMPANY, *The story of the House of Cassell*, London, Cassell & Company, 1922

²⁷⁸ T. W. JENKYN, « Lessons in Geology XLVI. Chapter IV ; On the Effect of Organic Agents on the Earth's Crust », dans *The Popular Educator: a Complete Encyclopaedia of Elementary, Advanced and Technical Education*, London, Cassell, Petter and Galpin, 1854, vol. 4, p. 140. Il ne faut pas perdre de vue l'importance de la religion chrétienne pour cet auteur : tout est présenté sous le patronage des écritures et du « *Supreme and Benevolent Architect* » *Ibid.*, p. 141

²⁷⁹ T. W. JENKYN, « Lessons in Geology XLVI. Chapter IV ; On the Effect of Organic Agents on the Earth's Crust », *op. cit.*, p. 139

²⁸⁰ T. W. JENKYN, « Lessons in Geology L. Chapter V ; On the Classification of the Rocks », dans *The Popular Educator: a Complete Encyclopaedia of Elementary, Advanced and Technical Education*, London, Cassell, Petter and Galpin, 1854, vol. 4, p. 313

C'est pourquoi l'Anthropozoïque n'est pas intégré dans la classification que Jenkyn reprend de Lyell (Figure 7). A ce stade, il convient toutefois de souligner que l'Anthropozoïque est défini comme une unité temporelle à cheval entre l'actualité des modifications géologiques d'un processus de « civilisation » et ses virtualités dans la mesure où c'est dans le devenir même de ce processus qu'est contenu l'agent majeur de la transformation géologique.

A TABULAR VIEW OF ROCKS IN THE VERTICAL ORDER IN WHICH THEY OCCUR.

I. THE SYSTEM OF MODERN ROCKS.

<i>Names of Groups according to LYELL.</i>	LITHOLOGICAL CHARACTER.	<i>British Localities—where found.</i>
1. Recent.	The deposits of present rivers, consisting of sand, mud, and silt; banks formed in the sea, at the mouths of rivers; peat mosses, shelly marl; banks of shingle thrown up by the sea; coral reefs, &c.; sand dunes thrown up by winds.	Banks of streams; bottom of lakes and rivers; the Goodwin sands; the dunes of Cornwall, Lancashire, and Norfolk.
2. Post-Pleistocene.	The clays, marls, and volcanic tufas of the Isle of Ischia, in Italy. The Löss, or the ancient sediment of the Rhine. The newer parts of the boulder formation, with erratic blocks.	Scotland, and the North of England,

Figure 7 – Extrait de la classification exposée par Jenkyn à la leçon XLVII²⁸¹

Le professeur de géologie au Yale College, James Dwight Dana propose lui aussi, dans son *Manual of Geology* publié en 1863, une idée équivalente : « Ere de l'esprit » ou « Age de l'Homme ». Contrairement à Jenkyn et Lyell, la nouvelle unité temporelle est positionnée au même niveau hiérarchique que les autres : Silurien, Dévonien, Reptilien, etc.²⁸² Dana relève explicitement l'importance des grands moments de l'histoire de la vie pour justifier ce séquençement :

Alors que l'histoire inorganique se poursuivait [...], il y eu, finalement, l'introduction de la vie, – une nouvelle et grande marche du progrès. Cette vie [...] s'accroissait et s'élevait à travers la création de nouveaux types, jusqu'à ce que l'histoire aboutisse à l'apparition de l'Homme. Dans cette histoire organique, il y existe des phrases successives de progrès, ou encore des séries de points culminants, parmi lesquelles la création de l'Homme et de l'Esprit représente la dernière et la plus élevée de ces aboutissements²⁸³.

Dana insiste bien sur le fait que c'est uniquement par l'évolution du vivant que l'on peut juger d'une telle histoire ; l'apparition de l'humanité introduit donc une discontinuité au

²⁸¹ T. W. JENKYN, « Lessons in Geology XLVII. Chapter V ; On the Classification of the Rocks in the Earth's Crust », dans *The Popular Educator: a Complete Encyclopaedia of Elementary, Advanced and Technical Education*, London, Cassell, Petter and Galpin, 1854, vol. 4, p. 165

²⁸² J. D. DANA, *Manual of Geology, Treating of the Principles of the Science, with Special Reference to American Geological History, for the Use of Colleges, Academies, and Schools of Science*, Philadelphia & London, T. Bliss & co., 1863, p. 116

²⁸³ *Ibid.*, p. 126

sein de la vie²⁸⁴.

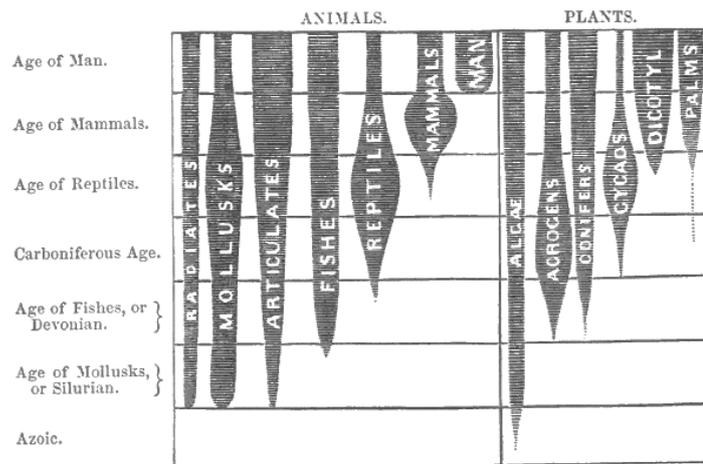


Figure 8 – Représentation des âges de la Terre en coïncidence avec l'apparition des grandes étapes de l'évolution de la vie selon Dana²⁸⁵. L'auteur revendique une inspiration d'après les travaux du géologue suisse Agassiz.

Par conséquent, l'humanité n'est plus un mammifère à proprement parler, et cela se traduit du point de vue morphologique puisque le développement du cerveau est selon Dana l'élément introduisant une différence historique. Dana souligne que l'innovation qu'instaure l'apparition de l'humanité, traduite sur le plan morphologique, a surtout trait au développement des savoirs, des techniques, des valeurs et de la spiritualité²⁸⁶. Si Dana expose toutes les roches et les caractères de l'évolution propres à « Age de l'Homme », c'est uniquement dans la mesure où ces éléments se forment au cours de cet âge ; en rien elles ne sont formées par l'action humaine, même s'il relève que l'action humaine a pu entraîner la disparition de plusieurs espèces (Dodo, Auroch, etc.). En somme, il s'agit ici de décrire une formation, une fois la spécificité de celle-ci déjà justifiée du point de vue de l'histoire de la vie²⁸⁷. Il est à noter que Dana publie plusieurs articles décrivant le phénomène de céphalisation, au cours duquel le système nerveux du cerveau se perfectionne des crustacés aux humains en passant par les mollusques. Cette thèse aura une importance pour Verdnasky et Theilard de Chardin au XXe siècle²⁸⁸.

²⁸⁴ *Ibid.*, p. 127

²⁸⁵ *Ibid.*, p. 128

²⁸⁶ *Ibid.*, p. 573-574

²⁸⁷ *Ibid.*, p. 574-589

²⁸⁸ J. D. DANA, « The Classification of Animals Based on the Principle of Cephalisation », *American Journal of Science*, vol. s2-36, n° 108, 1863, p. 321-352

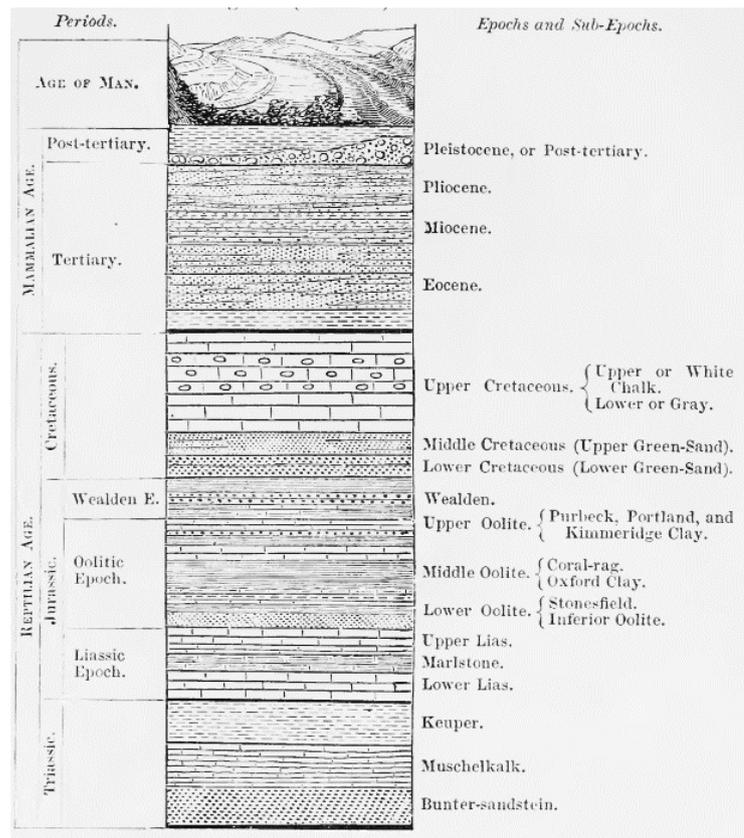


Figure 9 – Représentation des dernières strates de la croûte terrestre en fonction des périodes selon Dana²⁸⁹.

L'Anthropozoïque est également proposée par le professeur de géologie à l'université de Dublin Samuel Houghton. Également révérend, il a été *fellow* au prestigieux Trinity college. En 1865, il publie un manuel de géologie qu'il présente dans sa préface comme une « introduction aux plus systématiques traités de Lyell, Dana, Jukes et d'autres »²⁹⁰. Sans revenir en détail sur son contenu, le manuel se présente comme une somme des connaissances et des débats en cours, allant de la formation du globe aux techniques de datations en passant par l'exposition des thèses importantes de la discipline et bien entendu la chronologie.

Haughton reprend explicitement les cinq âges de Dana et mais substitue sa propre terminologie : les « époques » Malazoïque, Ichyozoïque, Saurozoïque, Mastozoïque et enfin Anthropozoïque. Comme chez Dana, chaque époque correspond à une classe de vivant²⁹¹. Selon lui, cette dernière époque est justifiée par le fait que « [...] le travail conjoint des archéologues

²⁸⁹ J. D. DANA, *Manual of Geology, Treating of the Principles of the Science, with Special Reference to American Geological History, for the Use of Colleges, Academies, and Schools of Science*, op. cit., p. 131

²⁹⁰ SAMUEL HAUGHTON, *Manual of Geology*, London, Longman, Green, Longman, Roberts & Green, 1865, p. v

²⁹¹ *Ibid.*, p. 138

et des géologues tend à prouver que la fin du règne des Mammifères sur le globe a été principalement provoquée par la création de la race humaine, qui est dotée de facultés lui permettant de détruire aisément toutes les races rivales, mêmes celles qui lui sont supérieures en taille et en force brutes²⁹². » Houghton est sans doute celui qui, parmi tous les profils mentionnés est le plus rétif aux discours savants de son époque : l'humanité n'est pas d'origine animale mais bien « le produit direct du pouvoir créatif de Dieu, et gouverne sur les autres créatures par Son décret immédiat²⁹³. »

4.2 Une emprise matérielle de plus en plus visible

Comme nous l'avons auparavant mentionné, la définition d'une unité du temps géologique attribuée à l'activité humaine de Stoppani est l'une des plus souvent rapportée au sein des articles définitoires de la notion d'Anthropocène. Il est vrai que ce dernier propose au début des années 1870 la notion d'âge Psychozoïque dans son *Corso de geologia*. Cependant, comme nous l'avons vu, il est cité par Marsh dans le dernier chapitre de *The Earth as Transformed by Human Action*, et cette dernière citation s'est transmise dans les ouvrages qui constituent l'horizon de référence pour les promoteurs de la notion d'Anthropocène. Crutzen cite en effet l'ouvrage de Clark et Munn, *Sustainable Development of the Biosphere* (1986), dans lequel Stoppani est lui-même identifié via, précisément, une citation de Marsh²⁹⁴.

Dans le cadre des cours qu'il doit préparer à l'Institut technique supérieur de Milan, l'abbé Stoppani rédige des notes préparatoires qu'il va par la suite retravailler pour écrire son *Corso de geologia*. Dès ces notes de 1867, Stoppani affirme l'existence d'une véritable « formation anthropozoïque » (*formazione antropozoica*)²⁹⁵ qu'il associe à une « époque néozoïque » (*nios*, nouveau ; *zoon*, vivant)²⁹⁶. Stoppani se réclame du projet humboldtien d'approcher la nature de façon holistique et critique la dualité de l'histoire et de la géologie, autant que la séparation des disciplines qui s'intéressent à la Terre (géologie, géographie, etc.). Le *Cours* s'organise en deux parties. La première, qui correspond selon lui à la science séculière, est divisée en deux tomes : l'un traite du fonctionnement interne et externe de la

²⁹² *Ibid.*, p. 344

²⁹³ *Id.*

²⁹⁴ W. C. CLARK et R. E. MUNN, *Sustainable Development of the Biosphere*, Cambridge, Cambridge University Press, 1986, p. 12 voir aussi la note 18 p. 43

²⁹⁵ Ensemble cohérent de strates associées à un temps géologique donné.

²⁹⁶ A. STOPPANI, *Note ad un corso annuale di geologia dettate per uso degli ingegneri allievi del Reale istituto tecnico superiore di Milano da Antonio Stoppani : Geologia stratigrafica*, Milano, Tipografia di Giuseppe Bernardoni, 1867, p. 167-182

Terre, y compris le climat et les précipitations ; l'autre de l'histoire de la Terre via la stratigraphie et la paléontologie. La seconde grande partie relève de ce qu'il appelle « géologie endogénique », qui est en fait l'interprétation qu'on peut donner des éléments séculiers dans leur rapport aux Ecritures, c'est-à-dire, au fond, une re-christianisation de la première partie.

<p>Epoca neozoica. Terreni posteziali. (Quaternari.) ANTROPOZOICO. (Recente.) <i>Epoca storica.</i> Età del ferro in Europa. <i>Epoca preistorica.</i> Età del bronzo. 2.^a Età della pietra. 1.^a Età della pietra. PLIOSTOENE. (Posplocene, nuovo pliocene, posteziaro.) <i>Glaciale.</i> Epoca dei terrazzi. Epoca del terreno erratico. (Epoca del drift.)</p>	<p>ERA NEOZOICA. POSTERZIARIO O QUATERNARIO. Periodo glaciale o del terreno erratico. Periodo dei terrazzi. ERA ANTROPOZOICA. EPOCA PREISTORICA. 1.^a Età della pietra, o periodo della pietra scheggiata (Epoca del Renna in Europa). 2.^a Età della pietra, o periodo della pietra levigata (Epoca degli animali domestici in Europa). Età del bronzo. EPOCA STORICA. Età del ferro.</p>
--	---

Figure 10 – Périodisations proposées par Stoppani relatives à l'Anthropozoïque. A gauche, il s'agit de celle des *Note*, à droite celle du *Corso*²⁹⁷. On peut constater un changement dans la hiérarchie des temps géologiques.

C'est dans le second tome de la première partie que Stoppani présente l'Anthropozoïque (*antropozoico*). Faisant bilan de la minéralogie de son époque, il décrit la genèse des roches et des sédiments et fournit des éléments de stratigraphie descriptive et de paléontologie. A l'intérieur de la section sur la stratigraphie chronologique, l'Anthropozoïque est positionné au sein de l'histoire de la Terre : si dans les *Notes* celui-ci apparaît comme une période de l'époque du Néozoïque, le *Corso* attribue à l'apparition de l'humanité sa propre époque (Figure 10). Stoppani considère que l'apparition à la surface du globe de l'humanité est un élément radicalement nouveau :

La création de l'homme correspond à l'introduction d'un nouvel élément dans la nature, d'une force totalement inconnue des mondes anciens. Et laissez-moi préciser que je parle bien des mondes physiques, puisque la géologie est l'histoire de la planète et non du monde intellectuel et moral. Mais ce nouvel être [...] non seulement rapproche le monde inorganique de l'organique tout comme les habitants du globe qui le précèdent, mais aussi ceux de l'intellect et de la morale ; cette créature est véritablement un nouvel élément pour le monde physique : c'est une nouvelle force tellurique qui, par sa puissance et son universalité, ne pâlit pas face aux principales forces du globe²⁹⁸.

²⁹⁷ *Ibid.*, p. 167 ; A. STOPPANI, *Corso di geologia del Professore Antonio Stoppani : Geologia Straticafica, op. cit.*, p. 163

²⁹⁸ A. STOPPANI, *Corso di geologia del Professore Antonio Stoppani : Geologia Straticafica, op. cit.*, p. 732.

Stoppani fait débiter l'apparition de l'intellect, déterminante dans cette époque, aux origines de l'humanité préhistorique (Age de pierre) et non pas à l'industrialisation. Contrairement à Lyell, l'influence de l'activité humaine s'étend sur de nombreux points : modification des sols, des rivières, des deltas, des forêts mais aussi sélection des animaux²⁹⁹. Stoppani imagine qu'un géologue du futur, qui viendrait après la disparition de l'humanité, ne pourrait pas ignorer l'importance de l'intelligence humaine dans l'histoire de la Terre³⁰⁰. Cependant, l'Anthropozoïque est loin d'être accompli à tel point qu'« [...] on ne peut pas s'attendre à ce qu'il soit représenté autrement que par des formations presque exclusivement terrestres, très récentes et très superficielles³⁰¹. » En effet, lorsque Stoppani parle d'Anthropozoïque, « nous ne regardons pas le peu de siècles qui ont été, mais ceux qui le seront³⁰². »

Stoppani fournit toutefois les éléments qui forment ce qu'aujourd'hui on pourrait nommer le stratotype de l'Anthropozoïque : glissements de terrains, dépôts lacustres et marins, inondations récentes, deltas, tourbe et dépôts combustibles, dépôts d'origine animale (comme le guano), dépôts des glaciers (moraines), dépôts volcaniques, dépôts marins et enfin fossiles³⁰³. Finalement, ces marqueurs ne contiennent pas explicitement d'artefact d'origine humaine ; ils renvoient aux processus de mémorisation de la Terre, capturant les œuvres humaines qui par elles-mêmes ne peuvent signer sa présence à travers les âges.

Ainsi, de même que pour Jenkyn, l'Anthropozoïque correspond à un événement géologique qui n'a pas encore révélé l'étendue de sa nature. En revanche, cela n'implique pas qu'une définition géologique soit impossible et que l'Anthropozoïque soit seulement justifié par un principe ontologique, constitué par l'originalité dans l'histoire de la Terre de l'avènement de l'humanité. Telle est précisément la différence entre Lyell et Stoppani, qui montre qu'il y existe déjà la possibilité d'associer action humaine et enregistrement rocheux.

Le regard de Ernst Haeckel (1834-1919) sur la possibilité d'une époque humaine est approximativement contemporain aux travaux de Stoppani. Professeur de zoologie à l'université de Iéna entre 1862 et 1909³⁰⁴ de renommée internationale, Haeckel est notamment connu aujourd'hui pour avoir le premier introduit le terme « écologie »³⁰⁵. En 1868, il publie

²⁹⁹ *Ibid.*, p. 733-739

³⁰⁰ *Ibid.*, p. 739-740

³⁰¹ *Ibid.*, p. 740

³⁰² *Id.*

³⁰³ *Ibid.*, p. 740-741

³⁰⁴ Il devient titulaire en 1865. C. MARTINS, « Introduction biographique », C. Letourneau et C. Martins (trad.), dans E. Haeckel, *Histoire de la création des êtres organisés d'après les lois naturelles*, 2^e éd., Paris, C. Reinwald et Cie, 1877, p. xix. J.-P. DELEAGE, *Une histoire de l'écologie*, Paris, Seuil, 1994, p. 64

³⁰⁵ Il a existé un débat pour trancher qui de lui ou de Thoreau en était l'auteur, mais il s'avère que la

une somme de 24 conférences prononcées au cours de l'hiver 1867 à 1868, traduite en français sous le titre *Histoire de la création des êtres organisés d'après les lois naturelles*. Le livre connaît au moins 6 éditions dans la langue maternelle de l'auteur, dont la dernière est traduite en français en 1877 et deux en anglais en 1876 et 1914. Dans la quinzième leçon sur les périodes et archives de la création, Haeckel expose ainsi la cinquième division du temps géologique :

La cinquième et dernière division de l'histoire organique terrestre forme l'âge quaternaire ou âge de la civilisation. Comparativement à la longueur des quatre autres âges, la durée de cette courte période, que nous appelons avec une outrecuidance comique « histoire universelle », est parfaitement insignifiante. Comme cet âge est caractérisé par le développement du genre humain et de sa civilisation, et que ce fait a métamorphosé le monde organique plus que toutes les influences antérieures, on peut appeler cet âge de l'humanité, âge anthropolithique ou âge anthropozoïque³⁰⁶.

Haeckel reprend à son compte l'opinion commune de son temps, ou du moins des décennies au cours desquelles il prononce ses conférences. Comme on l'entrevoit dans la précédente citation, si l'« âge anthropozoïque » a une importance géologique ce n'est pas simplement en vertu d'un principe anthropocentré arbitraire, qui voudrait que, l'humanité étant la quintessence de la création, sa propre séquence temporelle devrait lui être affectée. D'autant que cette « création » n'a pas de sens théologique surtout chez Haeckel, athée convaincu, défenseur d'une philosophie moniste dans laquelle la nature seule est source de vérité³⁰⁷.

Plus que tout autre organisme, l'homme a transformé, détruit, bouleversé la population animale et végétale du globe. Pour cette raison, *et point du tout parce que nous assignons à l'homme une place privilégiée dans la nature*, nous sommes en droit de considérer le développement du genre humain et de sa civilisation comme le point de départ d'une période dernière et toute spéciale de l'histoire organique terrestre³⁰⁸.

lecture des carnets de Thoreau l'a disqualifié à ce titre. J.-P. DELEAGE, *Une histoire de l'écologie*, op. cit., p. 62-63

³⁰⁶ E. HAECKEL, *Histoire de la création des êtres organisés d'après les lois naturelles*, C. Letourneau et C. Martin (trad.), 2^e éd., Paris, C. Reinwald et Cie, 1877, p. 343. Pour des raisons de praticité nous utilisons l'édition de 1877, mais celle de 1868 contient également les termes ici exposés : *antliropolithische* et *anthropozoische*. E. HAECKEL, *Natürliche Schöpfungsgeschichte. Gemeinverständliche wissenschaftliche Vorträge über die Entwicklungslehre im Allgemeinen und diejenige von Darwin, Goethe, und Lamarck im Besonderen, über die Unwendung derfelben auf den Urprung des Menschen und andere damit zusammenhängende Grundfragen des Naturwissenschaft*, Berlin, Reimer, 1868, p. 307. On pourra se référer aux propos explicatifs de l'auteur dans *Ibid.*, p. 300.

³⁰⁷ J.-P. DELEAGE, *Une histoire de l'écologie*, op. cit., p. 65

³⁰⁸ E. HAECKEL, *Histoire de la création des êtres organisés d'après les lois naturelles*, op. cit., p. 346, nous soulignons.

V. CINQUIÈME PÉRIODE : AGE ANTHROPOLITHIQUE. AGE QUATERNAIRE.

(*Age des Hommes et des arbres cultivés.*)

13. Age quaternaire ancien	ou	Période glaciaire.
14. Age quaternaire moyen	—	Période post-glaciaire.
15. Age quaternaire récent	—	Période de la civilisation.

Figure 11 – Décomposition de l'âge anthropolithique chez Haeckel³⁰⁹.

Comme certains de ses contemporains, Haeckel estime que l'humanité a peut-être existé avant cet âge, mais que c'est véritablement après le miocène, lorsque « l'homme primitif sortit par évolution des singes anthropoïdes » que l'importance de l'action humaine s'est révélée ; l'événement crucial pour Haeckel étant l'invention du langage, « l'instrument le plus utile au développement de l'intelligence humaine et l'établissement de la souveraineté de l'homme sur le reste des organismes³¹⁰. »

Haeckel tient véritablement à « l'âge anthropolithique ». Sans s'attarder sur la description de ses formations, il insiste lourdement sur le caractère éphémère de celui-ci dans l'histoire de la Terre : « [...] sa durée s'évanouit presque devant celle de l'énorme laps de temps, qui s'est écoulé depuis le commencement de la vie organique sur la terre jusqu'à la formation du genre³¹¹. » Haeckel va jusqu'à calculer cette part, qui correspond dans son système à 0,5 %. Pour autant, tout en ayant conscience de cette très courte durée, Haeckel maintient son « âge anthropolithique » au même niveau hiérarchique que les autres âges (Tableau 9).

I. Age archéolithique ou primordial.	53,6
II. Age paléolithique ou primaire	32,1
III. Age mésolithique ou secondaire	11,5
IV. Age céolithique ou tertiaire.	2,3
V. Age anthropolithique ou quaternaire	0,5
	100,0
Somme.	100,0

Tableau 9 – Proportions de la durée des âges dans l'histoire de la Terre selon Haeckel³¹².

De manière surprenante, Haeckel conserve cette typologie dans d'autres écrits, notamment dans son ouvrage sur l'homogénèse *Anthropogenie oder Entwicklungsgeschichte*

³⁰⁹ *Ibid.*, p. 344

³¹⁰ *Ibid.*, p. 346

³¹¹ *Id.*

³¹² *Ibid.*, p. 348

des Menschen qui est réédité six fois de son vivant, jusqu'en 1910³¹³. Finalement, c'est parce qu'il insiste sur la brièveté de l'« âge anthropolithique » tout en maintenant, précisément, sa fonction d'âge que Haeckel augmente le crédit conféré à cette catégorie, qui trouve sa justification historique non pas comme événement tellurique ou climatique, mais comme étape de l'évolution.

Professeur à l'université de Californie, Joseph LeConte (1823-1901) s'est fait remarquer pour ses contributions dans le domaine de la géologie. Pratiquant l'alpinisme dans le Yosemite, il fut un des fondateurs du Sierra club, une des plus grandes organisations environnementalistes au monde, et aussi la plus ancienne, avec John Muir³¹⁴. Dans plusieurs de ses écrits, LeConte introduit la notion d'Ere Psychozoïque. Ce choix tient chez lui à une conception cumulative de l'histoire de la Terre adossée à l'évolution biologique :

Les grandes divisions du temps, particulièrement ce que l'on nomme des âges, sont caractérisés par l'introduction et la *culmination* de classes d'organismes dominantes, car ce sont les plus hautes formes de vie terrestre. Par conséquent, en géologie, nous avons un âge des mollusques, un âge des poissons, un âge des reptiles [...]³¹⁵

Pour autant, il ne s'agit pas d'affirmer les révolutions successives font à chaque reprise table rase. Les classes ne disparaissent pas, mais se trouvent « soumises à la classe dominante qui leur succède », ce qui a pour effet de rendre le règne vivant « de plus en plus complexe³¹⁶. »

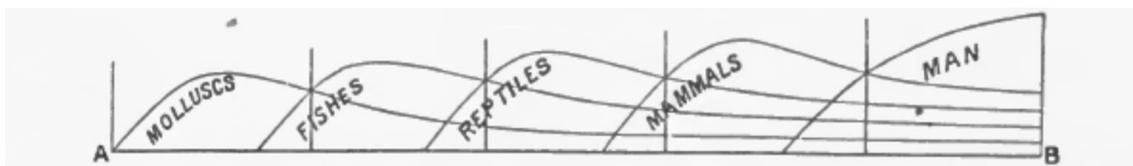


Figure 12 – Diagramme illustrant la dynamique d'instauration des classes dominantes à travers l'histoire de la Terre selon LeConte³¹⁷.

LeConte rappelle que les changements que l'on peut constater dans l'ordre des roches (systèmes, séries, formation) sont censés correspondre à ceux du vivant, mais que, dans le cas

³¹³ E. HAECKEL, *Anthropogenie oder Entwicklungs-geschichte des Menschen*, Leipzig, W. Engelmann, 1910, p. 497-522

³¹⁴ P. H. HANSEN, *The summits of modern man*, op. cit., p. 292

³¹⁵ J. LECONTE, *Elements of Geology : A Text-Book for Colleges and for the General Reader*, 2^e éd., New York, D. Appleton, 1890, p. 280. Nous utilisons son manuel de géologie, destiné à ses collègues et ses étudiants, dans la mesure où il représente la systématisation la plus importante de ses positions. Ses autres écrits relatifs au psychozoïque sont plus anciens, voir par exemple J. LECONTE, *A Compend of Geology*, New York, D. Appleton, 1884

³¹⁶ J. LECONTE, *Elements of geology*, op. cit., p. 281

³¹⁷ *Id.*

d'une discordance, il faut se référer à l'évolution du vivant et non pas à ce qu'il estime être des « divisions artificielles de l'enregistrement³¹⁸. » En effet, l'évolution de la vie est plus certaine que celle des strates. Par conséquent, pour statuer sur l'existence d'un « Psychozoïque », il faut décider si, sur le plan de l'histoire du vivant, l'apparition de l'humanité relève d'un événement suffisamment important. Alors qu'on attendrait de LeConte qu'il répondît par l'affirmative, ce dernier nous surprend : « D'un point de vue purement structurel et animal », affirme-t-il, l'humanité est étroitement liée au « règne animal ». Elle n'en est pas séparée, elle y possède d'une position identifiable : elle appartient au genre vertébrés (*department*), à la classe des mammifères, à l'ordre des primates et à la famille des hominidés³¹⁹. » En revanche, le problème est de savoir quelle est la conception de la relation entre l'humanité et la nature qui doit présider à la définition d'une unité de temps géologique. Du point de vue physique, elle ne se distingue pas suffisamment des autres animaux : « Mais du point de vue psychique (*psychical*) il est tout bonnement impossible de surestimer l'espace qui sépare l'homme des autres choses qui lui sont inférieures³²⁰. »

Donc, la conséquence sur l'histoire de la Terre ne peut en être ignorée :

[...] d'un certain point de vue l'ère de l'homme n'est pas équivalente d'une ère, ni d'un âge, ni d'une période, ni même d'une époque. Mais d'un autre point de vue, c'est l'équivalent de toute l'histoire géologique de la Terre entière. Car l'histoire de la terre *trouve son couronnement, son interprète et sa signification en l'homme*³²¹.

C'est que le Quaternaire, ainsi que tous les âges précédents, n'étaient que le théâtre « de la force brutale et de la férocité animale ». La disparition des animaux dangereux et leur diminution de taille, ainsi que l'introduction des organismes vivants utiles sont ainsi des phénomènes normaux, en tant qu'ils sont la marque du « règne de l'homme ». Et, chez LeConte, c'est cette matérialité des changements qui permet de trancher, ou plutôt de confirmer son hypothèse. Il s'agit d'une autre « et peut-être meilleure raison de faire cette division » : un changement se produit « sous nos yeux » par l'« agentivité » de l'humanité et ce dernier « sera

³¹⁸ *Ibid.*, p. 282

³¹⁹ *Ibid.*, p. 603

³²⁰ *Ibid.*, p. 604. Il faut considérer que pour LeConte, il n'y a pas de discontinuité spirituelle entre l'humanité et le reste de la création. De son point de vue, la divinité est immanente à la nature et toutes les créatures (y compris le monde inorganique) ont en elles un « esprit immortel », qui n'est pas la conscience mais une forme d'énergie. Cependant, l'apparition de l'humanité fait surgir un nouveau plan de son fonctionnement, non pas avec la conscience mais avec la « vie morale et rationnelle ». J. LECONTE, *Evolution : Its Nature, Its Evidences, and Its Relation to Religious Thought*, 2^e éd., New York, D. Appleton and company, 1899, p. 311-330. Plus encore, cet ouvrage portant sur l'évolution, LeConte affirme : « [...] la Nature, à travers toute l'histoire géologique de la Terre, fut la mère enceinte de l'esprit, qui, après son long développement embryonnaire, vient à naître et trouver vie et immortalité en l'homme. » *Ibid.*, p. 329

³²¹ J. LECONTE, *Elements of geology, op. cit.*, p. 604

abouti lorsque l'homme civilisé dominera toute la Terre »³²². Et parmi les éléments habituels du changement, LeConte relève l'extinction des espèces provoquées par l'humanité.

3. Iron age	}	Psychozoic era.
2. Bronze age.....		
1. Stone age. {	}	Terrace or perhaps Second Glacial epoch. Champlain epoch or perhaps interglacial.
Neolithic—Domestic animals.		
Palæolithic. {		
		Reindeer age =
		Mammoth age =

Tableau 10 – Représentation de la place de l'Ere Psychozoïque par rapport aux catégories admises alors en archéologie d'après LeConte³²³.

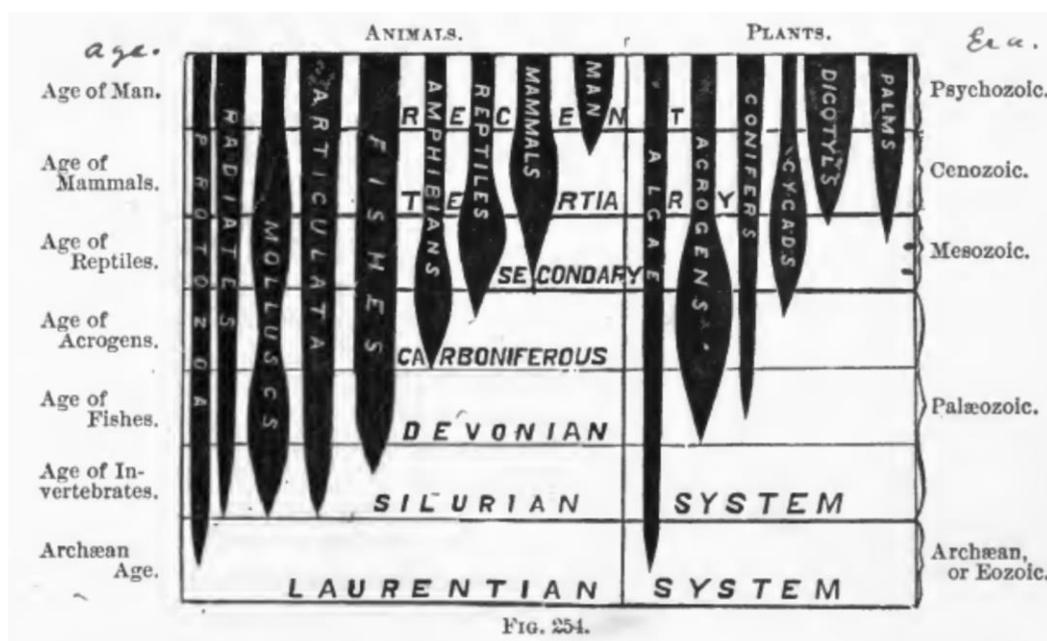


Figure 13 – Répartition des classes d'animaux en fonction des ères géologiques d'après Leconte³²⁴.

En cette fin de XIXe siècle, l'idée qui prédomine les conceptions d'une période géologique d'origine humaine reste l'événement que constitue l'apparition de l'humanité dans l'histoire du vivant. Cela s'explique par le fait que c'est l'histoire de la vie qui structure l'histoire de la Terre à cette époque. Cependant, on peut observer une tendance progressive à la factualisation de l'activité géologique d'origine humaine : elle reste principalement virtuelle mais elle est de plus en plus décrite et détaillée, et se teinte comme nous allons le voir d'un certain pessimisme au début du XXe siècle.

³²² *Ibid.*, p. 604-605

³²³ *Ibid.*, p. 607

³²⁴ *Ibid.*, p. 285

Dans le manuel de géologie, à l'« intention de ses collègues », qu'il écrit avec son ancien élève et collègue géographe Rollin Salisbury, Chamberlin consacre un chapitre entier à la « période récente ou humaine »³²⁵. Le livre dont est extrait ce chapitre est une reprise abrégée de la monumentale somme en trois volumes écrite une décennie plus tôt et contenant des thèses semblables³²⁶. Par quel phénomène se caractérise la sortie du Pléistocène vers la période Récente ? Outre le retrait des glaciers, deux « aspects exceptionnels » se manifestent : « le repeuplement [par la vie animale et végétale] des terres dépeuplées par la glace et l'invasion de la race humaine. » Si celle-ci pourrait avoir pour origine les chaudes contrées d'Asie proche-orientale ou d'Afrique du Nord, elle s'est rapidement dispersée au gré de la « productivité du sol », facteur fondamental pour « l'évolution précoce de la civilisation ». Ici, Chamberlin et Salisbury rappellent que l'appauvrissement des sols dans les contrées d'origine de l'humanité est lié au manque de « mesures protectives », explication qui rend compte « sans aucun doute » de la « richesse passée et de la pauvreté présente des peuples d'Orient ». Avec « l'évolution des arts industriels », l'humanité a su progressivement se munir d'utiles ressources : « minerais métallifères, carburants et fertilisants fossiles, et matériaux utiles à la construction et l'ornement tels que la pierre et l'argile. » Passant d'un « provincialisme », caractérisé par un tribalisme et la multiplicité des langues, à un cosmopolitisme rendu possible par le développement des réseaux de communication et d'énergie à grande échelle, l'humanité tend vers une forme d'un état permanent d'« intercommunication »³²⁷. Ce récit de l'avènement de l'humanité permet aux auteurs d'introduire le sujet géologique.

Les anciens géologues avaient tendance à estimer l'agentivité de l'homme au sein des processus géologiques comme triviale [...]. Le fait est que, probablement, aucun agent antérieur à l'homme [dans la terminologie de Chamberlin, un agent peut être l'atmosphère, les volcans, la vie ou les océans] n'avait eu autant d'influence, au cours d'une durée équivalente, sur la vie terrestre, ou sur la vitesse de détérioration de la terre, depuis l'avènement de l'époque de l'agriculture. Que cette influence va s'accroître au cours des prochains siècles paraît clair. La flore, résultat d'une longue évolution déterminée par des agentivités naturelles, se transforme rapidement en une flore sélectionnée par l'homme pour la culture et la préservation. Cette tendance se poursuivant, la flore native semble destinée à une extinction précoce. La même chose pourrait être dit de la faune native. Les animaux privilégiés, sous la garde de l'homme, prospèrent sans précédent, alors que d'autres, aussi longtemps qu'ils restent à sa portée, subissent un déclin rapide qui semble conduire vers l'extinction. La vie sous-marine est moins profondément affectée que celle qui existe sur terre, mais elle n'échappe pas non plus à cette altération. Les

³²⁵ Chapitre XXX, in T. C. CHAMBERLIN et R. D. SALISBURY, *Introductory Geology: a Textbook for colleges, op. cit.*, p. 667-684.

³²⁶ T. C. CHAMBERLIN et R. D. SALISBURY, *Geology*, New York, H. Holt and Company, 1904, 3 volumes

³²⁷ T. C. CHAMBERLIN et R. D. SALISBURY, *Introductory Geology: a Textbook for colleges, op. cit.*, p. 680-681

exceptions plus patentes à la domination de l'homme [...] se trouvent dans les organismes trop petits pour être aisément contrôlés par lui, et dans les organismes qui, tout à fait à l'encontre de sa volonté, prospèrent sur les conditions qu'il leur fournit. Néanmoins, même l'évolution accélérée de ces organismes fait partie de la profonde révolution biologique qui accompagne la domination de l'homme³²⁸.

Le ton est ici teinté d'un certain pessimisme, quoique le cadre général du propos donne plutôt à penser l'inverse. En effet, les auteurs soulignent que le « contrôle de l'Homme » ne s'est pas distingué par sa considération pour les « interrelations complexes entre les organismes » et les conséquences de ses actes : « Dans sa plus grande partie, l'homme a été guidé par des considérations immédiates, et même celles-ci n'étaient pas aiguillées par une grande intelligence. Par conséquent, c'est avec beaucoup de sauvagerie (*wantonness*) qu'il a détruit à la fois la vie végétale et animale ». Cependant, l'optimisme point, vient racheter un sombre tableau puisqu'une attitude plus « intelligente » et « compatissante » semble se développer, pour devenir « bientôt dominante ». Mais on aurait tort d'y voir un embryon d'écologisme, puisque c'est bien une maîtrise accrue sur la nature qui annonce ce temps de pacification : « Nous sommes à l'aube d'une nouvelle ère dans le contrôle et la sélection. De nouvelles variétés sont en train d'être produites qui non seulement s'écartent grandement des stocks précédents, mais divergent selon des lignées choisies afin de répondre à des conditions précises ou pour produire des produits désirés³²⁹. »

Pour les auteurs, l'agentivité géologique de l'humanité passe d'abord par sa puissance d'altération et de contrôle du vivant dont l'importance géohistorique leur semble indéniable. Mais là n'est pas son seul aspect. S'interrogeant, dans un article au sujet de la controverse des restes humains de Vero, sur un critère pertinent de démarcation entre le Pléistocène et la période « Récent », ou « âge de l'homme », ainsi que sur leur relation d'inclusion ou d'exclusion, Chamberlin avance un argument significatif : les « étapes cruciales d'extinction et d'introduction d'espèces, et de modification de la surface de la terre [par les humains] fournissent des fondements pour la reconstruction de nos idées et de nos doctrines. Ils offrent un point de départ d'une très grande valeur suggestive. Une étape tout à fait vitale de cette combinaison physico-dynamico-bio-psychique est l'art et l'industrie humaine. Cela devient une source discriminatoire considérable »³³⁰. En effet, cette évolution étant très rapide, bien plus

³²⁸ *Ibid.*, p. 681-682

³²⁹ *Ibid.*, p. 683

³³⁰ T. C. CHAMBERLIN, « Investigation versus Propagandism », *The Journal of Geology*, vol. 27, n° 5, The University of Chicago Press, 1919, p. 336. Ailleurs, Chamberlin décrit succinctement l'altération des strates par l'action humaine, voir à ce sujet T. C. CHAMBERLIN, « The Age of the Earth from the Geological Viewpoint », *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 61, n° 4, 1922, p. 252

que l'évolution des espèces, elle est d'autant plus, selon Chamberlin, un critère de « progrès historique ». Ici Chamberlin fait référence aux changements dont il a été le témoin, plus brefs selon lui que ceux auxquels les dix générations précédentes ont pu assister³³¹.

Cependant, c'est véritablement vers le futur que se dessine une époque géologique humaine, ce pourquoi est requis une « anticipation géologique » (*geologic forecast*). Ce futur, pour les auteurs du manuel de géologie, n'est peut-être pas celui d'un refroidissement inexorable, correspondant selon eux à une *doxa* seulement hypothétique. Il est vrai que Chamberlin s'est déjà prêté à l'exercice se demandant « combien de temps le degré d'équilibre du passé entre des agentivités opposées garderont les conditions critiques dont la vie a besoin pour exister ? » Selon lui, la composition et la température de l'atmosphère constituent les critères fondamentaux de l'« habitabilité » (*habitability*) de la Terre³³². Considérant que la vie s'est maintenue à travers une série de bouleversements géologiques provoquant actions et rétroactions des agentivités géologiques, le géologue constate qu'il « n'est pas exagéré de dire qu'il s'agit d'un système régulateur. »

Cette action est automatique mais possède ses propres limitations et particularités et ne semble pas totalement adéquat. Si nous étions capables de nommer une telle action adéquate et automatique [...] cela reposerait probablement dans les activités moléculaires des atmosphères terrestres et solaires et dans les relations de ces dernières aux pouvoirs gravitationnels de la Terre et du Soleil³³³.

Pour Chamberlin, c'est de ce dernier terme que pourrait provenir le péril géologique lointain, notamment via la collision d'un corps céleste avec l'astre lumineux. Cependant, reste le facteur humain défini par le monde moral et celui de l'industrie. Si le premier tend à la « rectitude altruiste », le second est en train de soumettre les forces de la nature ; la combinaison des deux sera la garantie de la longévité de l'ère de l'humanité³³⁴.

Ainsi, l'habitabilité de la Terre n'est pas nécessairement vouée à prendre fin dans une gangue de glace. S'opposant à la théorie nébulaire, Chamberlin et Salisbury affirment dans leur manuel qu'on peut concevoir une Terre se construisant lentement, « conservant ses énergies » et profitant de celles des étoiles et, *in fine*, une habitabilité sans limite. Dès lors, on peut tout à fait s'autoriser à anticiper une « ère Psychozoïque », de même échelle que le Cénozoïque ou le Paléozoïque, ou encore aussi longue que les éons cosmiques ou biotiques. Certes spéculative, cette thèse optimiste a l'avantage probabiliste sur son contraire : « Une évolution

³³¹ T. C. CHAMBERLIN, « Investigation versus Propagandism », *op. cit.*, p. 335-336

³³² T. C. CHAMBERLIN, « A Geologic Forecast of the Future Opportunities of our Race », *Science*, vol. 30, n° 783, 31 décembre 1909, p. 942

³³³ *Ibid.*, p. 947

³³⁴ *Ibid.*, p. 948-949

incommensurablement plus haute que celle d'aujourd'hui, dont les accomplissements dépassent nos facultés de compréhension, est un espoir raisonnable. » Une telle anticipation apporte une « grande satisfaction morale » à l'histoire de la Terre autant qu'une forte stimulation personnelle à contribuer à l'avènement d'un tel âge³³⁵.

Finalement, l'humanité étant considérée comme la créature dont le développement de l'intellect est sans commune mesure au reste du vivant, est par là-même apothéose de l'évolution, quoique les conditions concrètes de son apparition restent mystérieuses³³⁶. Il n'en reste pas moins qu'il y a une véritable rupture ontologique dans l'histoire de l'évolution, et, partant, dans l'histoire de la Terre : « [...] l'émergence de ce que nous appelons le vivant depuis l'inorganique, et l'émergence de ce que nous appelons le psychique depuis le physiologique, ont été en même temps des aspects transcendants et transcendantsaux de l'évolution de la Terre³³⁷. » Ainsi, chez Chamberlin, il existe clairement une époque humaine, certes tournée vers le futur, mais qui est déjà visible, constatable, géologiquement caractérisable, dont on peut dresser un tableau positif duquel contempler le reste des profondeurs historiques de la création.

D'autres ouvrages de géologie commentent l'action géologique de l'humanité en ce début du XXe siècle, en la teintant d'un certain pessimisme, mais qui ne remet pas profondément en question une confiance dans le progrès. Nous pouvons indiquer à ce titre deux exemples. Le premier est un ouvrage préfacé par l'éminent paléontologue Arthur S. Wordwood (1864-1944), dont l'objet est de détailler géologiquement l'action humaine, là où ce n'était qu'un thème de la géographie chez Marsh et d'autres. L'auteur, Robert Sherlock (1875-1948), géologue à la British Geological Survey, l'écrit pour un large public et cherche à évoquer tous les aspects des conséquences géologiques de l'action humaine, y compris la question du changement climatique par la combustion des combustibles fossiles. Cependant, après avoir dressé son panorama, Sherlock observe qu'il n'y a pas de raison de considérer que l'action humaine est plus artificielle que celle des autres animaux, qui eux aussi exercent une influence sur les sols. De plus, même si la question de l'activité humaine a sa place dans les manuels de géologie, « à cause de la brièveté de la période, l'activité de l'Homme sombrera dans son insignifiance lorsqu'on la considèrera comme une partie de l'histoire géologique³³⁸. » Pour Sherlock, l'humanité est à même d'inventer des moyens de protéger les milieux tout en

³³⁵ T. C. CHAMBERLIN et R. D. SALISBURY, *Introductory Geology: a Textbook for colleges*, op. cit., p. 683-684.

³³⁶ T. C. CHAMBERLIN, *The Origin of the Earth*, Chicago, The University of Chicago Press, 1916, p. 247-247

³³⁷ *Ibid.*, p. 262

³³⁸ R. L. SHERLOCK, *Man as a geological agent*, op. cit., p. 345

poursuivant sa trajectoire historique, par exemple par des dispositifs d'ingénierie hydrologique³³⁹. L'autre ouvrage est celui du professeur de géologie à l'université de Harvard, Nathanael S. Shaler. Au début du XXe siècle, ce géologue publie un livre assez court traitant de l'influence humaine sur les mondes organiques et inorganiques, mais en insistant particulièrement sur les limites des ressources que les sociétés industrielles emploient. Regrettant qu'elles n'aient pas le souci des générations futures, Shaler estime qu'elles se comportent comme des enfants³⁴⁰. Cependant, l'appel de Shaler à plus de « dignité » et de « noblesse »³⁴¹ n'aboutit pas pour autant à une proposition qui soumettrait l'idée d'une période géologique correspondant à l'action humaine – ce qui n'est guère surprenant étant donné le statut d'essai grand public de ce texte³⁴².

4.3 Le statut de l'humanité dans l'histoire de la Terre

Il serait loisible de s'attarder sur chacun des termes, mais, sans une enquête approfondie sur la géologie du quaternaire à cette époque, il est impossible d'avoir une estimation de la façon dont la communauté des géologues alors en formation dans les universités naissantes a été prise au sérieux pour être ensuite disqualifiée, ou simplement sous-investie. On serait également à même de trouver les premiers énonciateurs, même si l'intérêt de cette recherche reste très limité. Une telle tâche relève d'un travail de recherche en histoire de la géologie et mériterait des travaux spécifiques. On peut toutefois s'autoriser quelques précisions, étant donné la prolifération de termes semblant qualifier une activité géologique de l'humanité, notamment en éclairant leurs usages, jusqu'au début du XXe siècle.

Comme nous l'avons vu, le véritable intérêt pour qualifier géologiquement l'action humaine n'est pas le fait d'acteurs en marge du réseau d'acteurs de la discipline. Au contraire, on a souvent affaire à des personnages occupant des positions importantes au sein de leurs institutions. Qu'une telle conception soit révolue, c'est ce que laisseraient entendre les mentions à l'Anthropozoïque dans les dictionnaires très récents : « un descriptif informel du temps géologique depuis l'apparition de l'homme » dit le *Glossary of Geology* de Neuendorf et ses

³³⁹ Voir aussi son autre ouvrage, moins fréquemment cité R. L. SHERLOCK, *Man's Influence on the Earth*, London, T. Butterworth, 1931

³⁴⁰ N. S. SHALER, *Man and the Earth*, New York, Fox, Duffield & Company, 1905, p. v

³⁴¹ *Ibid.*, p. 228

³⁴² Parmi d'autres, on peut aussi ajouter Schuchert (1858-1942), professeur de géologie à la Yale University, qui fait siéner la catégorie de psychozoïque. C. SCHUCHERT et L. PIRSSON, *A Text-book of Geology: For Use in Universities, Colleges, Schools of Science, Etc., and for the General Reader* (1915), 2^e éd., New York, John Wiley & Sons, 1924

collèges³⁴³ ; « Terme parfois utilisé pour désigner le Quaternaire³⁴⁴ » mentionne le Foucault et Raoult, en précisant que le terme est obsolète. Mais, à indexer une signification sur les signifiants, nous formulons une conclusion trop hâtive : on assignerait la question de l'action humaine à une phase « pré-scientifique », à une histoire dépassée de la géologie au sens de Canguilhem³⁴⁵.

Plutôt qu'une tendance mineure de la géologie, la question de la place de l'humanité dans l'histoire de la terre n'a cessé d'être interrogée dans la géologie que l'on pourrait estimer légitime pour les XIXe et XXe siècles. Tout d'abord parce que les statuts universitaires de la plupart des auteurs précédemment examinés montrent qu'il serait inexact de disqualifier leurs positions au motif qu'elles relèveraient de spéculations anodines d'individus mal informés, ou, encore, de non-scientifiques. De plus, comme nous l'avons remarqué au sujet de l'avènement du CO₂, il y a peut-être lieu de revaloriser ce que nous considérons aujourd'hui comme « spéculatif ». Cependant, il y a une raison plus fondamentale qui permet d'éclairer la question humaine au sein de la géologie moderne et cette raison peut se trouver dans les définitions des ultimes séquences temporelles de l'histoire de la Terre : parler de l'action humaine fait partie du cadre problématique de la géologie naissante, de ses coordonnées discursives.

Pour le montrer, on peut se référer à l'usage du Quaternaire. Terme introduit par Jules Desnoyers en 1829, ce terme très souvent caractérisé en fonction de l'apparition de l'espèce humaine. Selon le Dictionnaire de Chanel « le fait caractéristique de l'ère quaternaire ou moderne est l'apparition de l'homme sur la terre »³⁴⁶ ; et ce jusqu'au début du XXe siècle où le dictionnaire de Meunier, s'il évoque le fait que le quaternaire reste mal défini, affirme par ailleurs que : « Le grand événement du Quaternaire, c'est l'apparition bien constatée de l'Homme³⁴⁷. » Figuière, dont l'ouvrage a été relu par d'importants géologues de son époque³⁴⁸ et qui ne mentionnait aucun terme examiné jusqu'ici, affirme au sujet du Quaternaire : « Mais le fait qui domine l'époque quaternaire, et en même temps toutes les phases que nous a présentées jusqu'ici l'histoire de la terre, c'est l'apparition de l'homme, œuvre culminante et

³⁴³ K. K. E. NEUENDORF, J. P. PEHL et J. A. JACKSON (éd.), *Glossary of Geology*, Alexandria (Va.), American Geological Institute, 2005, 1 vol., p. 28

³⁴⁴ A. FOUCAULT et J.-F. RAOULT, *Dictionnaire de géologie : géophysique, Préhistoire, paléontologie, pétrographie, minéralogie*, Paris, Dunod, 2010, p. 20

³⁴⁵ G. CANGUILHEM, « L'objet de l'histoire des sciences », *op. cit.* ; G. CANGUILHEM, « Qu'est-ce qu'une idéologie scientifique ? », dans *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie : nouvelles études d'histoire et de philosophie des sciences*, 2 éd. revue et corrigée, Paris, J. Vrin, coll. « Bibliothèque des textes philosophiques », 2009, 1 vol., p. 39-56

³⁴⁶ É. CHANEL, *Dictionnaire de géologie, étymologie, paléontologie, minéralogie*, *op. cit.*, p. 213

³⁴⁷ S. MEUNIER, *Dictionnaire de géologie*, *op. cit.*, p. 553

³⁴⁸ A. FEDIAEVSKY, « Aperçu de la vulgarisation géologique de 1860 à 1888 », *Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie*, vol. 3, 1^{er} janvier 1985, p. 75-83

suprême du Créateur de l'univers³⁴⁹. » Ce n'est pas uniquement ce fait d'apparition qui est posé dans son autonomie, mais que cette apparition est une nouveauté radicale, en tant qu'« [...] être intelligent et doué de la faculté d'abstraire.³⁵⁰ » Dans le traité de Lapparent, « l'époque quaternaire » est « caractérisée par l'apparition de l'homme sur le globe » quoique « depuis que ce grand fait s'est produit, la géographie terrestre paraît [...] n'avoir subi que des changements insignifiants³⁵¹. »

En outre, il est instructif de se référer aux échanges qui animent les Congrès internationaux de géologie au XIXe siècle, dont le premier se tient à Paris en 1878. On insiste souvent sur l'hypothétique soumission de l'époque d'Holocène durant le deuxième congrès, en 1881 à Bologne³⁵², mais c'est plutôt vers les échanges relatifs au Quaternaire durant le quatrième Congrès à Londres en 1888 qu'il est intéressant de se tourner. Peu avant le déjeuner, un groupe de géologues, dont Revenier et Lapparent, débattent d'un enjeu fondamental : la séparation entre les terrains quaternaires et tertiaires. Sous cette question se cache le véritable enjeu : existe-t-il vraiment un terrain quaternaire et qu'est-ce qui permet de le définir ? Le débat oppose, d'une part, Revenier et, d'autre part, la plupart des géologues intervenant dans le débat. Pour le premier, il n'y a aucune raison d'attribuer au Quaternaire une valeur comparable aux autres subdivisions chronologiques de premier ordre : Tertiaire, Secondaire, Primaire. Ces dernières font alors partie des nomenclatures stratigraphique et chronologique décidées par convention au cours du Congrès de Bologne en 1881, qui, par ailleurs, reporte aux prochains travaux du Comité de la Carte d'Europe la décision concernant les dépôts quaternaires³⁵³. Revenier affirme que du point de vue de l'évolution du vivant, il n'y a pas de rupture avec le Tertiaire ; le Quaternaire pourrait même être une subdivision de ce qu'on nomme le Pliocène. Ni les glaciations, qui ont commencé dans le Tertiaire, ni le fait que l'apparition de l'humanité le soit produite durant le Quaternaire, ni le caractère primordial de cette apparition, ne constituent pour lui des critères solides. Par conséquent, « M. Revenier considère le Quaternaire comme une subdivision du Tertiaire, qu'il désignera sous le nom de Pléistocène. » Aux autres

³⁴⁹ L. FIGUIER, *La terre avant le déluge*, *op. cit.*, p. 331

³⁵⁰ *Ibid.*, p. 401

³⁵¹ A. de LAPPARENT, *Traité de géologie*, *op. cit.*, p. 1074

³⁵² La définition de l'Holocène est elle-même anthropocentrée : « On pourrait aussi appeler Holocènes, ceux de l'époque historique, ou dont le dépôt n'est pas antérieur à la présence de l'homme », selon P. GERVAIS, « Sur la répartition des mammifères fossiles entre les différents étages tertiaires qui concourent à former le sol de la France », *Mémoires de la section des sciences de l'Académie des sciences et des lettres de Montpellier*, 1850, p. 413. Cependant, contrairement à ce qu'affirment nombre d'auteurs dont Crutzen et Steffen, et bien d'autres, aucune mention n'est faite de cette catégorie comme enjeu d'échanges, ni de celle de « Récent », dans les comptes rendus des Congrès de Bologne (1881) et Berlin (1885).

³⁵³ CONGRES GEOLOGIQUE INTERNATIONAL, *Compte rendu de la deuxième session (Bologne, 1881)*, Bologne, Imprimerie Fava et Garagnani, 1882, p. 196-198

géologues de répondre alors, comme d'un seul roc. Pour ceux-là, il s'est bien passé un événement propre à légitimer l'ouverture d'une nouvelle phase (Ere, Groupe) quelle que soit sa durée ou l'épaisseur du terrain qui lui correspond : l'apparition de « l'homme ». Il s'agit de « conserver toute son importance systématique à cette grande apparition de notre espèce » ; de faire valoir un classement « des âges du monde d'après les phénomènes biologiques ». L'autre argument principal est *l'utilité* de l'existence du Quaternaire : assumant entièrement le caractère conventionnel des divisions temporelles, l'adoption d'un système où les faits relatifs à l'action humaine peuvent être classés « se recommande de façon évidente »³⁵⁴.

Par conséquent, plutôt que de se demander pourquoi l'idée d'un Anthropozoïque – ou un de ses équivalent – a été évincée des considérations géologiques, on pourrait tout autant se demander *pourquoi la volonté de qualifier l'action humaine sur le plan géologique a tant duré*. En effet, la caractérisation dans les récits de la Terre de l'action humaine, ou encore de l'humanité comme partie prenante du récit de l'histoire de la Terre, semble en effet ne souffrir que de peu de discontinuité. La question qui se pose en géologie est plutôt de savoir comment administrer la preuve sur une phase aussi courte, mais il est possible de trouver tout au long du XXe siècles des références soit à un terme particulier, comme le psychozoïque, soit des débats relatifs à la hiérarchisation des époques ou des périodes les plus récentes, notamment l'Holocène et surtout le Quaternaire, où la question de l'action humaine fait partie des facteurs principaux de démarcation³⁵⁵.

³⁵⁴ CONGRES GEOLOGIQUE INTERNATIONAL, *Compte rendu de la quatrième session, Londres, 1888*, Londres, Dulau et cie, 1891, p. 41-44

³⁵⁵ Le terme de psychozoïque est assez courant jusqu'aux années 1960 au moins, mais utilisé dans des contextes énonciatifs différents. Généralement il dénote toujours la possibilité d'une thématization de la question humaine dans l'histoire de la Terre. Voir par exemple : A. W. GRABAU, *Principles of Stratigraphy*, New York, A. G. Seiler and company, 1913 ; R. L. MOODIE, *Paleopathology : An Introduction to the Study of Ancient Evidences of Disease*, Urbana, University of Illinois Press, 1923 ; R. L. MOODIE, *The Geological History of the Vertebrates of Indiana and their Position in the Ancient North American Fauna*, Indianapolis, W.B. Burford, 1929 ; R. F. FLINT, *Glacial Geology And The Pleistocene Epoch*, London ; New York, Chapman & Hall ; John Wiley And Sons, 1947 ; M. BOULE et H. V. VALLOIS, *Les hommes fossiles : Eléments de paléontologie humaine*, Paris, Masson, 1952 ; S. N. NAMOWITZ, *Earth Science: The World we Live in*, New York, Van Nostrand, 1953 ; C. O. DUNBAR et J. RODGERS, *Principles of stratigraphy*, New York, John Wiley & Sons, 1957 ; R. W. FAIRBRIDGE, *The Encyclopedia of Geomorphology*, New York, Reinhold Book Corporation, 1968. Cependant, il faut encore insister sur le fait que la recherche lexicale, certes importante, ne doit pas occulter la recherche portant sur l'espace de signification propre à l'agentivité ou la caractérisation géologique relative à l'humanité.

Ères	Épaisseur des terrains	Durée en années	Règnes
QUATERNAIRE	200 ^m	500.000	de l'HOMME
TERTIAIRE	4 000 ^m	10.000.000	des MAMMIFÈRES
SECONDAIRE	6 000 ^m	15.000.000	des REPTILES

Figure 14 – Représentation de la « succession générale des ères géologiques [...] et de leurs grandes caractéristiques paléontologiques ». Cette figure, qui n'est pas sans rappeler celles du XIXe siècle, est présente dans l'ouvrage de 1921, réédité jusqu'en 1951. Professeurs au Muséum national d'Histoire naturelle et tous deux directeurs de l'Institut de paléontologie humaine, les auteurs, Marcellin Boule et Henri Vallois commentent : « [...] l'Ere quaternaire, ou anthropozoïque, ou psychozoïque, qui dure encore est caractérisée par le règne du plus perfectionné des Mammifères, l'Homme³⁵⁶. » Cette figure est présente jusqu'à la quatrième édition de 1952, elle est un exemple de la longévité des catégories « anthropocénoides » mais surtout des présupposés de nature paléontologique qui en autorisent l'usage.

Par exemple, au milieu des années 1960, la conséquence *Encyclopedia of Earth Sciences* que dirige Rhodes Fairbridge, professeur de géologie à la Columbia University connu notamment pour avoir établi la courbe d'élévation du niveau des océans sur 10000 ans, explique que :

LeConte voulait que le « Récent » fût la dernière époque d'une série appartenant au Quaternaire et élever ce dernier au statut d'une Ere, du fait qu'elle était dominée par l'homme, proposant de façon plutôt optimiste de la nommer *Ere Psychozoïque*, l'ère de la raison, mais le terme n'obtint pas un grand soutien de la part de certains géologues cyniques. Néanmoins les géologues de l'Holocène reconnaissent clairement l'importance écrasante de l'homme comme agent géologique [...]³⁵⁷.

Durant la même séquence historique, c'est-à-dire entre le début du XXe siècle et les années 1980, le monde soviétique utilise quant à lui le terme d'« Anthropogène » (*антропоген*) pour désigner le Quaternaire notamment sous l'impulsion du géologue Andrei Pavlov (1845-1929). Durant la guerre froide, le terme russe habituellement traduit par « Anthropogène » a même été traduit par « Anthropocène », afin de mieux correspondre à la terminologie de

³⁵⁶ M. BOULE et H. V. VALLOIS, *Les hommes fossiles : Eléments de paléontologie humaine*, op. cit., p. 26-27

³⁵⁷ R. W. FAIRBRIDGE, *The Encyclopedia of Geomorphology*, op. cit., p. 525

l'Ouest³⁵⁸.

Que la définition de cette dernière catégorie ait été tributaire de sa relation avec l'avènement de l'humanité est enfin confirmé par le dictionnaire de Foucault et Raoult (2009) :

Dernière période de l'histoire du globe, juste postérieure au Tertiaire avec lequel elle forme le Cénozoïque. Sa définition a beaucoup varié. On a longtemps tenté de lui faire correspondre l'apparition de l'homme et le début des grandes glaciations récentes. *Ces événements étant imprécis, on a préféré lui fixer une limite inférieure arbitraire mais bien définie dans les enregistrements sédimentaires*³⁵⁹.

Ici, la dernière phrase est importante : il ne s'agit pas de changer la définition du quaternaire, mais bel et bien de méthode de datation, en la rapportant à un proxy sédimentaire et non plus à une estimation d'ordre paléontologique ou paléoclimatique, « imprécis », par rapport aux enregistrements rocheux. Dans la définition stratigraphique la plus récente de l'Holocène (2014), Gibbard et Walker notaient que la question humaine permettait déjà de séparer les séries de l'Holocène de celles du Pléistocène et que, par conséquent, les activités de l'humanité ne sauraient être une nouvelle fois mobilisée s'agissant de l'Anthropocène³⁶⁰.

Il faudrait alors inverser l'hypothèse qui sous-tend la lecture courante de l'histoire de la géologie – à savoir que la question de l'action ou l'avènement de l'humanité n'est pas un événement pour la géologie – pour se demander quelle est l'anatomie de cette formation discutative entre la seconde moitié du XIXe jusqu'au XXe siècle qui au contraire thématise de façon régulière cette question au sein même de ses positivités. Autrement dit, la préoccupation pour la place de l'humanité dans l'histoire de la Terre, comme marqueur d'une séquence temporelle qui lui soit dédiée, quelle que soit sa position hiérarchique, doit être considérée comme adhérente à l'histoire de la géologie comme discipline mais aussi à tout type de discours durant cette période – fictions, documentaires, récits historiques, discours philosophiques et anthropologiques, etc.

Si l'idée d'un déluge géologiquement probant commence à refluer à partir des années 1830, la conception selon laquelle l'histoire naturelle suit une loi de développement divine n'était pas rare durant la première moitié du siècle³⁶¹. Sans doute ce fait a partie liée avec

³⁵⁸ D. RAYNAUD, « Anthropocène. Technique. Deux points de contact entre science et pensée partisane », *op. cit.*, p. 267-268 ; P. H. HANSEN, *The summits of modern man*, *op. cit.*, p. 293. Nous nous opposons toutefois à la conclusion que tire Raynaud sur le caractère « idéologique » de la notion d'Anthropocène, dans la mesure où les auteurs n'oblitérent pas le passé de la notion : au contraire, dès les premiers articles, ils tentent de la lier un récit du « déjà-dit », quoiqu'il soit sur le mode de la série des précurseurs. Voir chapitre 14.3 .

³⁵⁹ A. FOUCAULT et J.-F. RAOULT, *Dictionnaire de géologie*, *op. cit.*, p. 294. Nous soulignons.

³⁶⁰ P. L. GIBBARD et M. J. WALKER, « The Term "Anthropocene" in the Context of Formal Geological Classification », *London Geological Society, Special Publications*, vol. 395, n° 1, 14 mai 2014, p. 29-37

³⁶¹ B. BALAN, *L'évolution des idées en géologie : Des cosmogonies à la physique du globe*, Paris, Vrin, 2011

l'importance que constitue, au cours de ce siècle, la périodisation de la Genèse en sept moments et plus largement la volonté de saisir l'héritage cosmologique chrétien dans un espace de savoir qui n'a de cesse d'obliger ses tenants à renouveler les grands récits ; la théologie naturelle, refluant à partir du dernier tiers du XIXe, n'emporte pas tout à fait avec elle ses questions³⁶². Robert Davis suggère même que la disparition du divin dans l'espace conceptuel de la géologie laisse le champ pour l'introduction d'un acteur doué de conscience, d'esprit ou de raison qui soit en mesure de prendre la relève en tant qu'auteur du monde : l'humanité³⁶³.

Nous reviendrons plus loin sur une explication alternative, mais à ce stade nous pouvons souligner qu'il nous semble difficile de simplement poser l'absence d'un concept sans expérience empirique (Dieu) pour expliquer l'apparition d'un centre de préoccupation qui concerne au premier chef les acteurs qui l'énoncent (les humains). Il semble que ce soit plutôt une ontologie naturaliste dans laquelle l'humanité dispose de facto d'un privilège par rapport au reste de la création (et un tel privilège n'est pas nécessairement pensable dans un cadre chrétien). Cette ontologie est associée à une conception progressiste de l'histoire permettant en quelque sorte de donner consistance – même géologique – au futur qui rend possible et intéressant pour la géologie de s'intéresser à la place de l'humanité dans l'histoire de la Terre.

³⁶² R. FOX, « Théologie naturelle et géologie à l'époque de William Buckland », *Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie*, vol. 3, 1^{er} janvier 2001, p. 89-105 ; R. DAVIS, « Inventing the Present », *op. cit.*

³⁶³ R. DAVIS, « Inventing the Present », *op. cit.*

La biogéochimie et l'intervention humaine dans les cycles de la matière

Il existe dans l'écorce terrestre une grande force géologique – peut-être cosmique – dont l'action planétaire n'est généralement pas prise en considération dans les concepts du Cosmos, concepts scientifiques ou basés sur la science. Cette force ne semble pas être une manifestation ou une forme nouvelle spéciale de l'énergie, ni une expression pure et simple des énergies connues. Mais elle exerce une influence profonde et puissante sur le cours des phénomènes énergétiques de l'écorce terrestre et par conséquent doit avoir une répercussion, moindre mais indubitable, en dehors de l'écorce, dans l'existence de la planète elle-même. Cette force c'est l'entendement humain, la volonté dirigée et réglée de l'homme social³⁶⁴.

— Vladimir Vernadsky, 1925

Qu'apparaisse au début du XXe siècle d'autres termes, y compris celui d'Anthropocène, n'est guère surprenant au regard de la longévité de la question humaine au sein de la géologie³⁶⁵. Cependant, une proposition originale a été formulée par un des premiers tenants de la biogéochimie, Vladimir Vernadsky. Son œuvre a largement été thématifiée, dans la littérature, comme une contribution en tant que « précurseur » de la notion d'Anthropocène et des sciences des cycles biogéochimiques. La contribution la plus significative de Vernadsky apparaît dans deux volumes publiés au cours des années 1920 : *La Géochimie* et *La Biosphère*. Nous verrons en quoi ces contributions intègrent l'agentivité humaine du point de vue

³⁶⁴ V. I. VERNADSKI, « L'autotrophie de l'humanité », *Revue générale des sciences*, n° 36, 1925, p. 495

³⁶⁵ Comme ce fut le cas pour un des maîtres de Vernadsky, Aleksei Petrovich Pavlov en 1922. Voir S. L. LEWIS et M. A. MASLIN, « Defining the Anthropocene », *Nature*, vol. 519, n° 7542, 11 mars 2015, p. 173

géochimique, et par extension sont insérées dans un récit de l'histoire de la Terre. Plutôt que de trancher la question du rôle de Vernadsky en tant que précurseur – de la géochimie, des sciences du « système Terre » ou de la notion d'Anthropocène – on se propose d'examiner le cadre dans lequel il insère l'agentivité humaine ainsi que le réseau d'énoncés appartenant à la géochimie naissante au début du XXe pouvant se rapporter à ses thèses sur l'agir humain.

5.1 Moteur institutionnel et cosmopolitisme

Vernadsky est une figure incontournable des sciences de la Terre du XXe siècle mais l'importance qu'on lui accorde varie fortement en fonction de la provenance du regard, qu'il soit oriental ou occidental, qu'il soit porté avant ou après les années 1970³⁶⁶. Spécialisé d'abord en cristallographie et minéralogie sous la supervision du professeur Vasilii Dokuchaev, considéré comme le fondateur de la podologie russe³⁶⁷, Vernadsky a également été l'élève du chimiste Mendeleïev³⁶⁸.

Vernadsky n'a pas le profil que l'on fait parfois du scientifique de génie, d'un solitaire oublié. S'il participe activement à la Révolution de février – quoiqu'il fût critique de ses développements ultérieurs – il est surtout dès les années 1910 un acteur institutionnel très important dans le monde russe puis soviétique. Il propose la création de la Commission pour l'étude des forces productives en Russie (KEPS en russe) au sein de l'Académie des sciences (1917). Lorsqu'il se réfugie en Ukraine après la révolution d'Octobre, il participe à la création de l'Académie des sciences locale, et devient son premier président en 1918. De retour en Russie, il fonde et dirige l'Institut du Radium (1922) avec départements : physique, chimie et géochimie – dernier département qu'il dirige également³⁶⁹. Cet institut est par la suite étroitement lié au développement du nucléaire civil et militaire en Russie³⁷⁰. Durant les années 1930, Vernadsky a également créé la Commission sur l'histoire des sciences, qui devient par la suite un institut ; et il fut également à l'initiative de la création de la Commission sur l'étude du permafrost et le Comité sur les météorites³⁷¹.

³⁶⁶ A. M. GHILAROV, « Vernadsky's Biosphere Concept: An Historical Perspective », *The Quarterly Review of Biology*, vol. 70, n° 2, juin 1995, p. 193

³⁶⁷ *Ibid.*, p. 194

³⁶⁸ H. KAUTZLEBEN et A. MÜLLER, « Vladimir Ivanovich Vernadsky (1863–1945) — From Mineral to Noosphere », *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 147, décembre 2014, p. 2

³⁶⁹ A. M. GHILAROV, « Vernadsky's Biosphere Concept: An Historical Perspective », *op. cit.*, p. 194 ; E. A. SHASHUKOV et V. N. ROMANOVSKIY, « Vladimir Ivanovich Vernadsky: A philosopher, a Natural Scientist, a Science Organizer (to 150th birthday anniversary) », *Radiochemistry*, vol. 55, n° 1, janvier 2013, p. 2

³⁷⁰ E. A. SHASHUKOV et V. N. ROMANOVSKIY, « Vladimir Ivanovich Vernadsky », *op. cit.*, p. 2

³⁷¹ A. M. GHILAROV, « Vernadsky's Biosphere Concept: An Historical Perspective », *op. cit.*, p. 195

Scientifique cosmopolitique, Vernadsky fréquente des figures importantes de son époque. A la fin du XIXe siècle, il se rend en Italie pour étudier la cristallographie, mais séjourne finalement plus longtemps en Allemagne où il fait la rencontre des géologues Paul Gorth et Eduard Suess, qui le premier proposa la notion de « Biosphère, » terme que Vernadsky reprendra à son compte en chamboulant sa signification³⁷². Dans les années 1920, il travaille à l'Institut du Radium de Marie Curie, et se lie d'amitié avec les Joliot-Curie, mais aussi avec Alfred Lacroix, minéralogiste au Muséum d'Histoire naturelle et secrétaire de l'Académie des sciences³⁷³. Il donne également des cours de Géochimie à la Sorbonne où il rencontre le philosophe Edouard Le Roy et le paléontologue jésuite Pierre Theilard de Chardin. De cette rencontre naîtrons ses conceptions de la Noosphère³⁷⁴.

Bien que Vernadsky soit effectivement bien plus connu à l'Est qu'à l'Ouest³⁷⁵, il n'en demeure pas moins qu'à sa mort, en 1945, les revues *Science* et *Nature* lui consacrent un article, et non pas une simple mention, dans leur rubrique nécrologique³⁷⁶. Plus tard, au tournant des années 1970, Vernadsky connaît une nouvelle reconnaissance notamment par les écrits du biogéochimiste Evelyn Hutchinson³⁷⁷.

5.2 Vernadsky prophète ?

Les sources dans lesquelles puise Vernadsky sont multiples : l'on pourrait par exemple évoquer le lien entre organique et inorganique dans les travaux de Dukochaef ou l'importance de la radioactivité comme traceur et comme chronomètre³⁷⁸, et plus généralement la montée de la notion d'atome comme descriptif pertinent des phénomènes biogéologiques, voire de la nature en général. La notion de biosphère, comme précédemment évoquée, vient de Suess qu'il rencontre dans les années 1890 à Munich. Dans sa plus célèbre publication, Suess propose le modèle des géosphères : lithosphère, hydrosphère, atmosphère et enfin la biosphère. Celle-ci est essentiellement vue comme la zone géographique où se loge la vie.

³⁷² H. KAUTZLEBEN et A. MÜLLER, « Vladimir Ivanovich Vernadsky (1863–1945) — From Mineral to Noosphere », *op. cit.*, p. 2-3

³⁷³ A. M. GHILAROV, « Vernadsky's Biosphere Concept: An Historical Perspective », *op. cit.*, p. 195 ; E. A. SHASHUKOV et V. N. ROMANOVSKIY, « Vladimir Ivanovich Vernadsky », *op. cit.*, p. 2

³⁷⁴ A. FEDERAU, *Pour une philosophie de l'Anthropocène*, *op. cit.*, p. 173-174

³⁷⁵ A. M. GHILAROV, « Vernadsky's Biosphere Concept: An Historical Perspective », *op. cit.*, p. 193

³⁷⁶ V. C. ASMOUS, « Academician V. I. Vernadsky », A. Arboretum (trad.), *Science*, vol. 102, n° 2653, 2 novembre 1945, p. 439-440 ; S. I. TOMKEIEFF, « Prof. V.I. Vernadsky », *Nature*, vol. 155, n° 3932, 10 mars 1945, p. 296

³⁷⁷ G. E. HUTCHINSON, « The Biosphere », *Scientific American*, vol. 223, n° 3, 1970, p. 44-53

³⁷⁸³⁷⁸ Vernadsky aurait le premier songé à la radiodation des minéraux par la dégradation spontanée B. E. PATON, « Vladimir Vernadsky and Ukraine: On the 150th Anniversary of the Birth of Academician V.I. Vernadsky », *Herald of the Russian Academy of Sciences*, vol. 83, n° 2, mars 2013, p. 178

Tout comme on apprend que le soleil est fait de sphères concentriques, il est également possible de diviser la Terre en sphères. Cependant, les sphères sont connectées entre elles de bien des façons.

L'atmosphère est la première sphère, l'hydrosphère la seconde, et la lithosphère la troisième. [...] Une chose reste étrange sur ce corps céleste constitué de sphères, à savoir la vie organique [*organische Leben*]. De plus la vie organique reste confinée dans un certain espace, la surface de la lithosphère. La plante, qui étend ses racines dans le sol en cherchant des nutriments tout en s'élevant dans l'air pour respirer, illustre bien la position de la vie organique à la frontière entre la sphère supérieure (atmosphère) et la lithosphère, et en ce sens une biosphère indépendante peut être distinguée sur la surface de la Terre³⁷⁹.

Dans *La Face de la Terre*, Suess mobilise, quoique de manière marginale, sa notion de Biosphère impliquée selon lui par une « solidarité des êtres vivants » : cette dernière « d'ailleurs n'embrasse que la vie sur notre planète, avec les conditions de température, de constitution chimique, etc., qu'elle suppose, et à l'exclusion de toutes spéculations sur les processus vitaux dont d'autres corps célestes peuvent être le siège³⁸⁰. » Cependant, même si Vernadsky publie en 1926 un livre sous ce titre, la notion de « Biosphère », surtout telle qu'elle est présentée par Suess, n'a pas une importance déterminante dans sa qualification de l'aspect géologique de l'action humaine. En effet, c'est surtout la conception de la géochimie et le rôle que Vernadsky confère au vivant qui compte.

Dans la série des conférences données entre 1922 et 1923 à la Sorbonne, Vernadsky précise que l'objet de cette discipline naissante est d'étudier « les éléments chimiques dans l'écorce terrestre et autant qu'il est possible dans le globe terrestre », en considérant « leur distribution dans le temps et l'espace »³⁸¹. C'est dans cette perspective que Vernadsky confère aux organismes vivants une importance primordiale dans la mesure où ces derniers « [...] forment la partie la plus essentielle [de l'écorce terrestre] et la plus intime »³⁸². En effet, Vernadsky estime que, du point de vue planétaire, la somme des organismes produit des changements comparables à d'autres phénomènes géochimiques.

Considérer cela, c'est avoir accepté de changer son regard sur le monde des vivants. Là où la biologie depuis Cuvier privilégiait la forme sur la matière, Vernadsky dit qu'au contraire il s'agit de concevoir que « [...] la forme des organismes s'efface presque complètement, mais leur matière et le mouvement de leurs molécules [...] se manifestent pour

³⁷⁹ E. SUESS, *Die Entstehung Der Alpen*, Wien, Braumüller, 1875, p. 158-159

³⁸⁰ E. SUESS, *La Face de la terre* (1883–1909), E. de Margerie (trad.), Paris, Armand Colin, 1897, vol. 3/3, p. 1632

³⁸¹ V. I. VERNADSKI, *La Géochimie*, Paris, Félix Alcan, 1924, p. 5

³⁸² *Ibid.*, p. 42

nous dans tous les phénomènes observés³⁸³. » Dans cette analyse, c'est à l'échelle de la planète que le vivant produit des effets déterminants pour le géochimiste³⁸⁴. De ce point de vue, la forme a disparu et la notion d'individu perd tout intérêt et celle d'espèce n'en conserve que relativement à la façon spécifique qu'elle a de mouvoir la matière et l'énergie sur la Terre. C'est pourquoi Vernadsky introduit la notion de « matière vivante », qu'il convient d'exprimer « en poids, en éléments chimiques, en énergie³⁸⁵. » La matière vivante homogène correspond au métabolisme d'une espèce, la matière vivante hétérogène à celui d'ensembles vivants – ce qui est nommé à la même époque des écosystèmes. En tant que partie prenante des mécanismes chimiques de l'écorce terrestre, les matières vivantes doivent être placées sur le même plan analytique que les roches.

Toute la matière vivante, même homogène, forme un ensemble de tourbillons de molécules, selon l'expression heureuse de G. Cuvier. Chaque organisme de l'ensemble (c'est-à-dire de la matière vivante) accapare incessamment l'énergie rayonnante du Soleil et la transforme en énergie chimique et libre. La grande partie de l'énergie rayonnante du Soleil, qui atteint la surface terrestre, est ainsi reprise et transformée. Les conséquences géochimiques d'une structure pareille sont grandioses³⁸⁶.

Cette fonction de capture du rayonnement est par la suite rattachée à la Biosphère en 1926 :

La biosphère peut, de par son essence, être considérée comme une région de l'écorce terrestre, occupée par des transformateurs qui changent les rayonnements cosmiques en énergie terrestre active, énergie électrique, chimique, mécanique, thermique, etc. Les rayonnements cosmiques qui jaillissent de tous les astres célestes embrassent la biosphère, la pénètrent toute, ainsi que tout ce qui se trouve en elle. Nous ne saisissons et ne percevons qu'une partie insignifiante de ces rayonnements, et, parmi ces derniers, presque exclusivement les rayons solaires³⁸⁷.

Ainsi, « mécanisme à la fois terrestre et cosmique », la biosphère est ainsi un espace de reconfiguration de la matière en même temps que le lieu de transition de celle-ci vers d'autres sphères. Et c'est précisément au sein de ce domaine qu'intervient l'humanité. Vernadsky propose deux principes de ce qu'il appelle en 1926 la biogéochimie :

La migration biogène des éléments chimiques dans la biosphère tend à sa manifestation la plus complète³⁸⁸.

³⁸³ *Ibid.*, p. 53

³⁸⁴ *Ibid.*, p. 53-54

³⁸⁵ *Ibid.*, p. 54

³⁸⁶ *Ibid.*, p. 60

³⁸⁷ V. I. VERNADSKI, *La Biosphère* (1926), Paris, Librairie Félix Alcan, 1929, p. 12 voir aussi p 31.

³⁸⁸ *Ibid.*, p. 216

L'évolution des espèces en aboutissant à la création des nouvelles formes vitales stables, doit se mouvoir dans le sens de l'accroissement de la migration biogène des atomes dans la biosphère³⁸⁹.

S'il adhère aux thèses de l'évolutionnisme, et notamment à l'origine non-divine de l'humanité, Vernadsky estime que ces principes ont des conséquences sur ces thèses dans la mesure où il existerait « une direction déterminée dans le sens de laquelle le processus de l'évolution doit nécessairement s'effectuer³⁹⁰. »

Pour Vernadsky, il est avéré que notre époque géologique est une « ère psychozoïque » ou « ère de la Raison »³⁹¹. Cette époque, au sens commun, est caractérisée par un événement capital ; l'action humaine, et au premier rang l'action agricole elle-même millénaire, « s'empare de la matière vivante » d'une façon qui apparaît originale :

L'homme a introduit une nouvelle forme d'action de la matière vivante sur l'échange des atomes de la matière vivante avec la matière brute. Ce ne sont plus seulement les éléments nécessaires à la production, à la formation de la matière vivante qui entrent ici en jeu et changent ses édifices moléculaires. Ce sont des éléments nécessaires à la technique et à la création des formes civilisées de la vie. L'homme agit ici non comme Homo sapiens, mais comme Homo faber³⁹².

En tant qu'agent capable de bouleverser l'histoire géochimique des éléments chimiques, notamment en créant des composés nouveaux, mais aussi de modifier les cycles géochimiques, l'humanité est une « force géologique nouvelle »³⁹³. Ce qui fait événement est le fait que la « migration biogène », c'est-à-dire les déplacements des éléments chimiques provoqués par la matière vivante, est dépassée par la migration provoquée par « l'action de la technique. ». Ce changement, très rapide et en voie d'accélération selon Vernadsky a été engendré « par l'intervention de la raison humaine ». L'importance de la pensée sur les processus naturels est pour Vernadsky avant tout une question, et une question d'époque partagée par d'autres contemporains³⁹⁴.

Comme nous l'avons remarqué, durant l'année 1922, Vernadsky fait la rencontre de Le Roy et de Theilard de Chardin. Il existe un intérêt commun chez ces trois acteurs pour la question du devenir de l'humanité, intérêt qui se manifeste par des échanges autour de la notion de noosphère. Les conceptions de Le Roy et Theilard de Chardin sont dissemblables de celle du géochimiste : chez Le Roy la noosphère, trouvant son origine dans la biosphère, est le

³⁸⁹ *Ibid.*, p. 221

³⁹⁰ *Ibid.*, p. 222

³⁹¹ V. I. VERNADSKI, *La Géochimie, op. cit.*, p. 342

³⁹² *Id.*

³⁹³ *Ibid.*, p. 344

³⁹⁴ V. I. VERNADSKI, *La Biosphère, op. cit.*, p. 226-229

domaine de la « volonté réfléchie de l'Homme » et s'en affranchit progressivement³⁹⁵. Chez Theilard de Chardin, la noosphère est le résultat de la noogénèse, processus d'apparition de la conscience de soi, et domaine des consciences réflexives recouvrant les autres sphères³⁹⁶.

Cependant, Vernadsky propose une approche plus matérialiste quoiqu'apparentée. Reprenant à son compte la thèse de la céphalisation du vivant, qu'on trouve chez Theilard de Chardin mais qu'il semble hériter de Dana³⁹⁷, Vernadsky fait sienne une vision de l'évolution non pas déterministe mais qui suppose des seuils d'irréversibilité à partir desquels un développement du cerveau est nécessaire. Selon le géochimiste, le début du XXe siècle est le moment où se révèle la Noosphère et les guerres mondiales en sont la manifestation, regrettable, en tant qu'événements géologiques³⁹⁸. Mais l'avenir réserve une trajectoire plus heureuse : « pour le moment nous ne pouvons nous permettre de ne pas se rendre compte que, au sein de la grande tragédie historique que nous traversons [il s'agit de la Seconde Guerre mondiale], nous avons choisi, de façon élémentaire, le bon chemin menant à la noosphère. Je dis de façon élémentaire car toute l'histoire de l'humanité s'engage dans cette direction³⁹⁹. »

En effet, selon Vernadsky, les « idéaux démocratiques » sont en phase avec « les lois de la nature », et il reste possible de construire un avenir où la biosphère sera reconstruite par la pensée et le travail humains⁴⁰⁰. L'idée que l'humanité doit assumer son rôle de transporteur d'énergie et de matière se retrouve dans la proposition du scientifique russe que notre espèce devienne autotrophe. Devant la question des limites de ressources, Vernadsky propose peu avant sa mort que l'humanité produise son alimentation et ses ressources non plus à partir du travail des autres vivants, mais directement à partir de la matière inorganique. Il s'agit de conquérir des énergies « inépuisables » comme la force des marées, l'énergie atomique et le soleil afin de synthétiser les aliments. Dès lors, il deviendrait possible de nous libérer de la consommation des êtres vivants et briser ainsi notre inscription dans les chaînes trophiques, reposant sur la captation et l'accumulation d'énergie par les végétaux⁴⁰¹. Plus généralement, chez Vernadsky, c'est véritablement la pensée scientifique, entendue donc comme pointe avancée de la raison humaine, qui introduit l'élément déterminant dans l'avènement de la

³⁹⁵ A. FEDERAU, *Pour une philosophie de l'Anthropocène*, *op. cit.*, p. 175

³⁹⁶ *Ibid.*, p. 176-177

³⁹⁷ V. I. VERNADSKI, « The Biosphere and the Noösphere », *American Scientist*, vol. 33, n° 1, 1945, p. 7

³⁹⁸ Dans cet article de 1945, qui en fait une compilation d'écrits de la fin des années 1930, Vernadsky fait de la première guerre mondiale l'événement géologique qui lui a indiqué l'idée d'une agence géologique de l'humanité. D'autres sources indiquent que c'est lors d'un voyage au Etats Unis, voyant les déchets de l'industrie minière, que cette idée lui serait venue. H. KAUTZLEBEN et A. MÜLLER, « Vladimir Ivanovich Vernadsky (1863–1945) — From Mineral to Noosphere », *op. cit.*, p. 4

³⁹⁹ V. I. VERNADSKI, « The Biosphere and the Noösphere », *op. cit.*, p. 10

⁴⁰⁰ *Ibid.*, p. 9-10

⁴⁰¹ V. I. VERNADSKI, « L'autotrophie de l'humanité », *op. cit.*

noosphère et qui, pour ainsi dire, en est le moteur⁴⁰².

Savoir à quel point Vernadsky a été effectivement influent dans le monde occidental n'est pas une question que nous traitons ici. Ce que nous interrogeons, c'est plutôt le statut de sa contribution à la formation du récit de l'humanité comme agent géologique. Vernadsky est-il un « prophète »⁴⁰³ ? Tout porte à penser que les conceptions de Vernadsky, sans doute importantes et porteuses d'éléments inspirants pour d'autres générations de chercheurs et de chercheuses⁴⁰⁴, n'étaient pas isolées. Tout d'abord, le thème de l'influence humaine sur les cycles de matière s'insère dans l'histoire longue des savoirs. Déjà, l'idée d'« économie naturelle » au XVIIIe siècle et début du XIXe siècle, incorpore une conception du globe comme totalité dont les parties sont plus ou moins reliées et où des faibles perturbations locales peuvent influencer sur d'autres localités à de grandes distances. L'action humaine est régulièrement considérée comme perturbatrice et risquée du fait de la fragilité de cette harmonie. Comme le rappellent Bonneuil et Fressoz, le caractère systématique de la nature n'est pas une découverte du XXe siècle, mais « tient au contraire à l'existence du concept d'économie naturelle, qui demeure très vivace jusqu'à la fin du XIXe siècle⁴⁰⁵. » De même, l'idée de circulation de la matière est largement une conception qui se retrouve dans l'histoire longue de la chimie et les savoirs connexes :

L'analyse des flux de matière est ainsi portée par la volonté de boucler les cycles à l'échelle locale ou nationale. Elle se décline également à l'échelle du globe. L'étude des relations chimiques liant monde végétal, monde animal, monde minéral et sociétés humaines vise chez Lavoisier, Boussingault, Timiriazev et jusqu'à la biogéochimie de Vladimir Vernadsky dans les années 1920, à comprendre le fonctionnement de la Terre dans son entier⁴⁰⁶.

De plus, à la lumière de ce que nous avons auparavant examiné, nombre d'auteurs font de la vie un agent géologique, lui consacrant un chapitre ou une section dans leurs ouvrages. L'idée d'une influence humaine sur la Terre qui soit commensurable aux grands processus dont elle est le siège, et notamment sur les cycles de matière, s'inscrit elle-même dans l'espace des

⁴⁰² B. E. PATON, « Vladimir vernadsky and ukraine », *op. cit.*, p. 181 ; J. D. OLDFIELD et D. J. B. SHAW, « V.I. Vernadsky and the Noosphere Concept: Russian Understandings of Society–Nature Interaction », *Geoforum*, vol. 37, n° 1, janvier 2006, p. 148

⁴⁰³ Deléage utilise ce terme au sujet de la biosphère. J.-P. DELEAGE, *Une histoire de l'écologie*, *op. cit.*, p. 198

⁴⁰⁴ De son vivant, la proposition de Vernadsky consistant à prendre en compte la biosphère comme agent géomorphologique est reconnue par un fondateur de la géochimie, le norvégien Victor Goldschmidt (1888-1947), voir V. M. GOLDSCHMIDT, « The Principles of Distribution of Chemical Elements in Minerals and Rocks. The Seventh Hugo Müller Lecture, Delivered Before the Chemical Society on March 17th, 1937 », *Journal of the Chemical Society, The Royal Society of Chemistry*, 1^{er} janvier 1937, p. 655-673.

⁴⁰⁵ C. BONNEUIL et J.-B. FRESSOZ, *L'événement anthropocène*, *op. cit.*, p. 210

⁴⁰⁶ *Ibid.*, p. 214

énoncés légitimes et dans les régularités discursives de son époque et du champ scientifique. Dans le champ de la géochimie, on peut par exemple mentionner l'ouvrage fondateur, de par l'ample travail de recension qui a marqué sa discipline, de Frank Wigglesworth Clarke (1847-1931), chimiste et physicien états-unien. Son *Data of Geochemistry* (1908), travail réalisé pour la United States Geological Survey, qui connaît de nombreuses mises à jour, mentionne à plusieurs reprises, outre la pollution des rivières par la chlorure, l'influence humaine sur les processus de la circulation de la matière au niveau global : flux de sodium vers l'océan et érosion des roches⁴⁰⁷. Mentionnons également le fait que Vernadsky reconnaît que les travaux d'Alfred Lotka (1880-1949), mathématicien et théoricien de la dynamique des populations, touchent aux mêmes questionnements sur la place de l'humanité dans la géochimie globale⁴⁰⁸. Dans son ouvrage le plus important, *Elements of Physical Biology*, Lotka pose des fondements théoriques et descriptifs des grands cycles biogéochimiques. Si cette description est en elle-même une avancée capitale, ce qui nous importe ici est le simple fait de la présence humaine au sein de ces cycles (carbone, azote, phosphore)⁴⁰⁹. Lotka produit des estimations des flux de matières mobilisés par l'action humaine dans chacun de ces cycles, en nommant notamment les procédés employés – dont le procédé Haber-Bosh⁴¹⁰. Outre la place qu'occupe l'humanité dans l'analyse des processus biogéochimiques, il convient de remarquer l'ampleur que Lotka lui confère :

Ce développement extraordinaire d'un ordre bien plus fondamental qu'un nouveau départ industriel [il s'agit ici du procédé Haber-Bosh], ne représente rien de moins que l'inauguration d'une nouvelle ère ethnologique dans l'histoire de la race humaine, une nouvelle époque cosmique. Au cours d'une décennie – un instant sur le plan géologique – l'homme a provoqué des transformations littéralement comparables avec des processus cosmiques⁴¹¹.

Lotka aborde également l'accroissement de la consommation de matière dans les sociétés modernes, estimant que les générations futures feront face à de très importantes limitations : pour lui, un « déclin soudain » semble inéluctable⁴¹². Cette préoccupation, et, plus spécifiquement, la prise en compte de l'action humaine dans les flux de matière, dans leur comptabilisation, conjointement à leur comparaison avec les processus biogéochimiques

⁴⁰⁷ F. W. CLARKE, *The data of geochemistry*, Washington, D.C, Unites States Geological Survey, coll. « Bulletin », 1908

⁴⁰⁸ V. I. VERNADSKI, *La Biosphère*, op. cit., p. 229

⁴⁰⁹ A. J. LOTKA, *Elements of Physical Biology*, Baltimore (Md), Williams and Wilkins Company, 1925, p. 226, 230, 247

⁴¹⁰ *Ibid.*, p. 236-241

⁴¹¹ *Ibid.*, p. 241

⁴¹² *Ibid.*, p. 279

globaux est un trait commun à toute la biogéochimie au XXe siècle⁴¹³.

Ce qui pose alors question est tout bonnement le récit que nous écrivons de la place de la question humaine au sein des sciences de la Terre, y compris en géochimie et en biogéochimie. Cette question est d'autant plus importante qu'elle peut conduire au constat que la place de l'humanité dans les sciences dites environnementales n'a jamais tout à fait disparu. Cela signifierait que, par conséquent, la montée dans les années 1970 de la catégorie de biosphère autant que les grands programmes internationaux sur l'étude des cycles biogéochimiques des années 1980 ne seraient en rien caractérisés par la découverte de l'action humaine comme acteur important des processus que ces disciplines décrivent alors. La question posée à notre objet – en quoi la notion d'Anthropocène fait-elle événement ? – prend alors un tournant redoutable.

⁴¹³ On pourra consulter les travaux de George Evelyn Hutchinson, passeur de Vernadsky aux Etats-Unis, et un des fondateurs de l'école biogéochimique dans ce pays. Voir par exemple : G. E. HUTCHINSON, « Nitrogen in the Biogeochemistry of the Atmosphere », *American Scientist*, vol. 32, n° 3, 1944, p. 178-195

Conclusion de la première partie : Grand Récit et réflexivité planétaire

*Et lorsque les mots semblent effectivement avoir un effet, c'est le plus souvent en raison de leur répétition physique que de leur contenu sémantique*⁴¹⁴.

— Paul Feyerabend, 1975

A travers les chapitres de cette partie, nous avons contribué à mettre en évidence l'existence d'un Grand Récit positif de l'humanité géologique en repérant dans le passé les mécanismes qui ont valorisé ou discrédité les idées sur l'agentivité humaine plutôt que de rechercher des précurseurs oubliés. Il s'agissait moins de spécifier les raisons et les rationalités pour mieux les séparer, que de contribuer à dessiner un champ de correspondance entre rationalités exogènes de manière à déceler et mettre au jour ce que Foucault nomme une archive, c'est-à-dire « la loi de ce qui peut être dit, le système qui régit l'apparition des énoncés comme événements singuliers⁴¹⁵ ». De ce point de vue, ce « qui compte dans les choses dites par les hommes, ce n'est pas tellement ce qu'ils auraient pensé en deçà ou au-delà d'elles, mais ce qui d'entrée de jeu les systématise, les rendant pour le reste du temps, indéfiniment accessibles à de nouveaux discours et ouvertes à la tâche de les transformer »⁴¹⁶.

Au vu de la fréquence et de la persistance de ce thème dans les sciences des XIXe et

⁴¹⁴ P. FEYERABEND, *Contre la méthode : Esquisse d'une théorie anarchiste de la connaissance*, B. Jurdant et A. Schlumberger (trad.), Paris, Points, 1988, p. 21

⁴¹⁵ M. FOUCAULT, *L'Archéologie du savoir*, *op. cit.*, p. 177 et 180

⁴¹⁶ M. FOUCAULT, *Naissance de la clinique*, Paris, Presses Universitaires de France, 2000, p. xv

XXe siècles, il est légitime de conclure qu'il n'y a pas à proprement parler de « découverte » de l'agentivité humaine dans l'histoire de la Terre pas plus qu'il n'y a de « précurseurs ». Au sein de nombreuses disciplines en voie d'institutionnalisation, de formation et d'autonomisation, la question de la place et de l'influence de l'humanité sur le globe est sans cesse abordée. Elle est marginale uniquement au sens de ce qui se trouve à la limite de ce qui est énonçable dans les normes disciplinaires en constitution – ce qui n'en fait donc pas une question minoritaire. L'influence de l'humanité sur le globe est figurée par un Grand Récit que nous pouvons désormais caractériser.

6.1 Anatomie d'un Grand récit positif

Le glaciologue Simon Lewis et le paléontologue Mark Maslin estiment que les géologues du XIXe siècle s'accordaient sur le fait que « [...] les humains, à cause de leur influence, faisaient partie de la définition l'époque géologique contemporaine⁴¹⁷. » Ces derniers identifient trois raisons expliquant cette histoire : les conséquences matérielles des activités humaines ; la volonté de faire correspondre un récit d'origine religieuse avec le récit géologique ; l'anticipation des conséquences futures de l'action humaine sur la Terre. S'il est tout à fait clair que ces aspects se trouvent dans certains textes, il faut encore moduler la place qu'y prend l'agir humain : il n'est pas toujours lié à une volonté, n'a pas nécessairement les mêmes origines, ne connaît pas les mêmes temporalités au sein d'une discipline et n'est pas justifié de la même façon.

S'inspirant des travaux de Reinhart Koselleck, l'historien François Hartog a proposé le concept heuristique et comparatiste de « régime d'historicité ». Non pas destiné à la périodisation historique ou à la classification des sociétés, il se veut instrument pour des « mouvements d'aller et retour » entre les séquences historiques et les groupes humains. Il s'agit en effet de l'« [...] expression d'un ordre dominant du temps. Tissé entre différents régimes de temporalité, il est [...] une façon de traduire et d'ordonner l'expérience du temps – des manières d'articuler passé, présent et futur – et de leur donner sens⁴¹⁸. » Dans ses caractères généraux, le récit de l'humain agent géologique s'inscrit clairement dans un régime de temporalité moderne. Il y a d'abord le rapport au passé : l'avènement évolutif de l'humanité constitue une rupture par rapport au passé de la vie autant que celui de la civilisation industrielle en constitue un à la fois

⁴¹⁷ S. L. LEWIS et M. A. MASLIN, *The Human Planet: How we Created the Anthropocene*, London, Penguin Books, 2018, p. 35

⁴¹⁸ F. HARTOG, *Régimes d'historicité : présentisme et expériences du temps*, Paris, Seuil, 2003, p. 177

par rapport à son passé et à ses Autres – barbares, sauvages, peuples non blancs. Conjointement, le récit est profondément orienté par la flèche du temps biologique. Il est clair que l'exceptionnalisme humain, recodé à la suite de la théorie de l'évolution darwinienne, est un caractère central du récit géologique des évolutionnistes. En témoignent les nombreux jugements ordonnant l'humanité à la cime de ce qui est conçu à l'époque comme l'arbre de la création (Figure 15). Dans la plupart des narrations, l'humanité comme agent géologique ouvre un futur, son action déploie un horizon d'attente ouvert – souvent les époques humaines sont aussi justifiées par l'ampleur *future* de leur réalisation. De part ces deux traits, les époques humaines, ou l'actualité de l'humanité dans le récit cosmologique, est thématifiée comme dernière époque de la Terre. Plus exactement, nous avons affaire à des époques suprême de la Terre au sens où elles en couronnent l'histoire par l'excellence morale ou rationnelle de l'agent qui en est à l'origine, même parfois teintée de pessimisme. Le mode de narration est épique et spéculatif, et sert un récit qui doit se construire d'après des indices par nature fragmentaires⁴¹⁹.

⁴¹⁹ La spéculation et le récit épique comme mode d'écriture ont été activement travaillés par les géologues du XIXe siècle comme manière de raconter l'histoire de la Terre par-delà le caractère nécessairement fragmentaire de ses archives. A. BUCKLAND, *Novel science: fiction and the invention of nineteenth-century geology*, Chicago ; London, University of Chicago Press, 2013

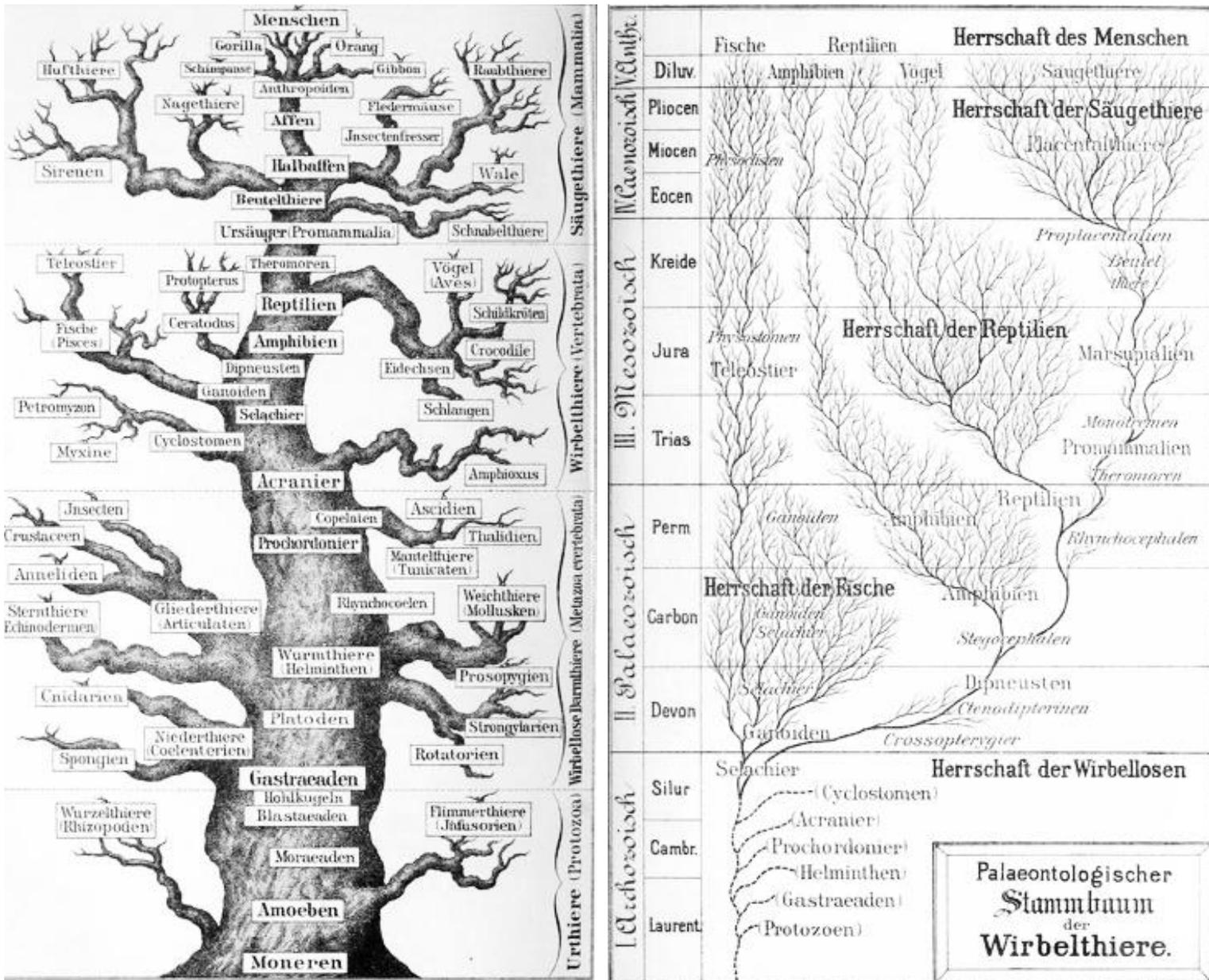


Figure 15 – Représentation de l'« arbre généalogique systématique » (systematischer stammbaum) de la vie selon Haeckel⁴²⁰. En haut à droite est mentionnée la « domination de l'homme » (Herrschaft des Menschen), qui suit la courte période diluvienne. A gauche, on peut lire l'abréviation « Anthr. » pour « Anthropozoische », Ere géologique qui comprend donc la période diluvienne.

Toutefois, il y a également des dissonances. D'abord parce que la flèche du temps géologique, mais aussi des conséquences de l'action humaine, est descendante : le refroidissement inexorable du globe ; ou au contraire son réchauffement attendu ; l'épuisement des ressources au début du XXe siècle ; le massacre des espèces animales – tout cela paraît comme une pente inexorable qui s'accroît au tournant du XIXe siècle. En revanche, comme

⁴²⁰ E. HAECKEL, *Anthropogenie oder Entwicklungs-geschichte des Menschen*, op. cit., p. 524-525

nous l'avons vu, vient alors un optimisme qui rétablit et renforce le futur au sens où le rachat des torts et l'évitement des périls restent non seulement possibles mais surtout la voie la plus probable : amélioration des terres, rationalisation de la consommation des ressources, réchauffement volontaire du globe, etc.

Derrière l'anatomie du Grand Récit, dont certains traits subsistent aujourd'hui, il y a lieu de s'interroger sur la raison pour laquelle il y a pour les géologues quelque chose à raconter de l'action humaine. Comment comprendre que cette discipline, et d'autres, ne cessent d'en dire quelque chose ? Il nous semble que l'argument du besoin de combler le reflux de la divinité ne peut expliquer à lui seul cette longue présence. La question de l'action humaine sur le globe ne peut se contenter de s'appuyer sur la thématique géologique du déluge ou de la genèse ; elle intéresse par-delà l'appartenance religieuse des auteurs, ainsi que l'exemple d'athée et moniste Haeckel nous le montre. En effet, il apparaît en premier lieu que la question humaine fait partie des objets empiriques des sciences de cette époque. Dans le cas de la géologie, un des éléments de compréhension consiste assez simplement à la présence de restes humains dans les strates qu'elle entreprenait d'étudier. La géologie est née avec un intérêt pour l'histoire de la Terre et sa chronologie, et conjointement avec le besoin de rendre compte de l'existence des fossiles, animaux étranges emprisonnés dans des sols en apparence incongrus⁴²¹. Dans ces sols qui renfermaient d'immenses mystères, gisaient également des restes humains – corporels ou non, bien réels ou imaginés – dont l'intérêt pour le caractère merveilleux se changeait en curiosité analytique⁴²².

Le sol, saisi historiquement à la fois en tant qu'objet concret et objet de savoir, relève alors un « objet frontière ». Ce concept, initialement introduit par Star et Griesemer, très abondamment usité au sein des études des sciences, ne nous semble pas pour autant ici inopérant⁴²³ :

Il s'agit d'objets, abstraits ou concrets, dont la structure est suffisamment commune à plusieurs mondes sociaux pour qu'elle assure un minimum d'identité au niveau de l'intersection tout en étant suffisamment souple pour s'adapter aux besoins et contraintes spécifiques de chacun de ces mondes. Ces objets-frontière sont supposés maximiser à la fois l'autonomie de ces mondes sociaux et la communication entre eux⁴²⁴.

⁴²¹ R. RAPPAPORT, *When Geologists Were Historians, 1665-1750*, Ithaca (N.Y.), Cornell University Press, 1997 ; M. J. S. RUDWICK, *The Meaning of Fossils*, Chicago, University of Chicago Press, 1985

⁴²² L. DASTON et K. PARK, *Wonders and the Order of Nature, 1150-1750*, New York, Zone Books, 2001

⁴²³ S. L. STAR et J. R. GRIESEMER, « Institutional Ecology, "Translations" and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39 », *Social Studies of Science*, vol. 19, n° 3, 1989, p. 387-420

⁴²⁴ P. TROMPETTE et D. VINCK, « Retour sur la notion d'objet-frontière », *Revue d'anthropologie des*

Ces sols peuvent être ainsi considérés comme lieu d'intersection de faisceaux d'indices donnant à concevoir des vérités anthropologiques, zoologiques et géologiques où s'est notamment incarné le thème de l'antiquité de l'humanité. Celui-ci fût fréquemment abordé dans les traités et les manuels d'anthropologie, de biologie, de paléontologie et géologie des XIXe et XXe siècles – pour autant, précisément, que l'on puisse les distinguer d'un point de vue disciplinaire – et dont les développements ont élargi l'histoire conventionnelle, humaine et scripturale, vers une historicité « pré-littéraire » de l'humanité, traduite par la suite en « préhistoire »⁴²⁵. Ainsi, le domaine de ce qu'il à dire positivement de l'humanité s'est aussi historiquement nourri de la géologie et des disciplines connexes et, réciproquement, la géologie ne cesse de dire quelque chose de l'histoire humaine du fait de son objet partagé avec d'autres disciplines en voie d'institutionnalisation : les sols. Mais on peut comprendre également autrement cette manière de dire l'action humaine ; elle pourrait trouver rapport avec l'histoire des réflexivités environnementales et ce que l'on pourrait nommer la « réflexivité planétaire ».

6.2 Traces d'une réflexivité planétaire

C'est ici que la question des réflexivités environnementale et géologique éclaire sous un autre jour les débats contemporains. Prendre au sérieux la notion d'Anthropocène comme événement, c'est aussi tenter, précisément, de considérer ce qui en elle fait événement. Or il s'avère qu'à travers l'histoire des sciences modernes, il existe bien des réflexivités géologiques où l'action humaine est explicitement cadrée comme faisant époque. Dès lors, il y a moins à questionner ou moduler la probité stratigraphique de la notion d'Anthropocène que son originalité et la signification de cette originalité pour l'actualité. Peut-être n'avons-nous jamais été modernes, mais nous avons toujours été partie prenante de l'histoire de la Terre. Que faire alors de la rencontre en temps humain et temps géologique, entre nature et société, entre progrès et limites si ces coordonnées font bel et bien partie de notre héritage, composent déjà le sol depuis lequel on prétend les discerner dans le paysage de l'actualité ?

Ce qui permet d'objectiver une telle rupture dans l'histoire des savoirs de la Terre, de qualifier un avant et un après et d'annoncer une nouvelle époque dans l'histoire du savoir, tient pour beaucoup à des abstractions prises dans les énoncés fondamentaux des formations discursives. Ce sont d'abord ces abstractions qui font, sur le plan rhétorique, événement – « force de la nature », « agentivité géologique », « époque humaine » – et qui autorisent

connaissances, Vol. 3, n° 1, n° 1, S.A.C., 22 juin 2009, p. 8

⁴²⁵ M. J. S. RUDWICK, *Worlds before Adam*, *op. cit.*, chap. 16, p. 225-236 et chap. 26, p. 407-421

symétriquement à tirer des conséquences à propos de l'histoire de la modernité, voire de l'espèce humaine en général. Or, *sur le plan des abstractions*, il n'y a pas de nouveauté fondamentale concernant l'événement d'une époque géologique d'origine humaine. A ce point de l'argumentation, la question épistémologique devient cruciale. Car, parmi les manières de disqualifier cette objection historiographique, l'argument de l'incommensurabilité des systèmes de représentation dans les sciences paraît être l'un des plus efficaces : il permet de reconnaître les positivités géo-historiques pour elles-mêmes tout en les rejetant dans une histoire révolue, irréflexive quant à l'agir géologique de l'humanité. Typiquement, l'argument d'Hamilton et Grinevald, affirmant la nouveauté radicale de la conception du « système Terre » va dans ce sens. Cependant, ce genre d'argument repose lui-même sur une abstraction provenant du discours scientifique – « la Terre fonctionne comme un système » – dont la fonction sociale-épistémique est réelle⁴²⁶, mais qui n'autorise pas en soi l'invocation d'une rupture de paradigme. En effet, la Terre est vue comme ensemble de relations dont le fonctionnement est proche d'un organisme, d'une machine ou d'un système autorégulé, bien avant les travaux de Lovelock.

Chez Vernadsky et Chamberlin, comme nous l'avons vu, mais pas seulement : déjà dans le concept d'« économie de la nature », qui circule largement dans les savoirs du vivant et de la nature entre le XVIIIe siècle et le XIXe, est contenue certes la notion d'interrelation entre les êtres vivants, mais aussi la possibilité d'actions et de rétroactions de tous les éléments de la nature. Cette divine harmonie est déjà menacée par l'action humaine, risquant de la perturber – et cette « réflexivité systémique », comme la nomment Bonneuil et Fressoz, est d'emblée globale⁴²⁷. On retrouve de telles conceptions de la Terre comme totalité auto-régulée chez Hutton, et plus largement dans les spéculations géologiques de la fin du XVIIIe siècle appelées « théories de la Terre »⁴²⁸. Un autre exemple est offert par le cas d'une histoire, très instructive,

⁴²⁶ Sébastien Dutreuil, qui consacre une part importante de sa thèse aux sciences du « système Terre », montre combien ce terme a pu rassembler des acteurs de disciplines hétérogènes autour d'un unique projet épistémique quoique la notion de « système Terre » en elle-même puisse souffrir d'écueils importants du point de vue épistémologique. S. DUTREUIL, *Gaïa : hypothèse, programme de recherche pour le système terre, ou philosophie de la nature ?*, Thèse de doctorat, Paris, Paris 1, 2016 De même, la notion de totalité véhiculée par le « système Terre » peut être en soi problématique (B. LATOUR, « 4e conférence. L'Anthropocène et la destruction (de l'image) du Globe », dans *Face à Gaïa : Huit conférences sur le nouveau régime climatique*, Paris, La Découverte, 2015, p. 147-191), mais, du point de vue pragmatique, elle n'en a pas moins des effets sur le champ social des savoirs.

⁴²⁷ C. BONNEUIL et J.-B. FRESSOZ, *L'événement anthropocène*, op. cit., p. 204-210. Donald Worster a consacré un livre important à ce sujet, voir D. WORSTER, *Nature's Economy: A History of Ecological Ideas*, Cambridge (GB), Cambridge University Press, 1994.

⁴²⁸ J. HUTTON, *Theory of the Earth : with proofs and illustrations*, Edinburgh, Creech, 1785 ; M. J. S. RUDWICK, *Earth's Deep History: How It Was Siscovered and Why It Matters*, Chicago, The University of Chicago Press, 2014, p. 68-73

des pensées du changement climatique entre le XVIIIe et le XXe siècle par Roger Fleming. Tout en prenant soin de caractériser au mieux le contexte d'énonciation de ces pensées, celui-ci n'a de cesse de les disqualifier au rang, certes problématique, de « précurseurs ». Par exemple, au sujet de Tyndall et Arrhenius, il affirme : « Ce serait une erreur, cependant, que de considérer ces deux personnages comme des précurseurs directs ou des prophètes de l'intérêt contemporain pour le changement climatique⁴²⁹. » Effectivement, ce serait une erreur dans un récit téléologique et positiviste, mais cela ne signifie pas pour autant que leurs diagnostics ne comptent pas pour leur époque, au contraire.

Une autre manière de disqualifier les savoirs de l'agentivité géologique de l'humanité serait de les juger, non plus du point de vue épistémologique et abstrait – « ils n'étaient pas en possession de tel concept » – mais cette fois du point de vue empirico-historique ; ce serait dire : « nous savons qu'ils ne pouvaient observer tels ou tels changements ». Or, comme nous l'avons vu, la mesure empirique des phénomènes d'altération du globe est bien plus ancienne que le début des années 1960, mais surtout ce serait juger rétrospectivement l'histoire des propositions d'après ce qui constitue nos propres normes de viabilité. En effet, tout comme la notion de risque présuppose un horizon normatif, celle de seuil à partir duquel un processus de dérèglement du monde ou d'altération géologique devient pertinent supposent une conception de « la vie qui mériterait d'être vécue »⁴³⁰. Mais attribuer ces propres normes aux sociétés du passé, cela relève d'un anachronisme. Si l'on pense au XVIIIe siècle que la déforestation met en danger le climat global, ce qui compte, ce n'est pas que le concept liant ces phénomènes soit valide ou que l'ampleur constatée ne pouvait pas aboutir à une telle conséquence – ce qui compte c'est bien plutôt le crédit que les acteurs de l'époque lui attribuent et ce, non pas en dépit de la controverse que l'on peut observer à propos de tout savoir moderne, mais précisément à l'épreuve de celle-ci. Dès lors, la thèse de la néo-réflexivité géologique pourrait bien être celle qui fait preuve d'anachronisme, « entre tous les péchés, au regard d'une science du temps, le plus impardonnable⁴³¹. »

Ainsi il se pourrait que le monde contemporain se trompe lourdement sur la nature des thèses qu'il tire des abstractions du discours anthropocénique. Il nous paraît stimulant de chercher à étayer une telle thèse dans la mesure où ce chapitre n'a fait que contribuer très modestement à une critique de la réflexivité historique contemporaine. En effet, s'il a été

⁴²⁹ J. R. FLEMING, *Historical Perspectives on Climate Change*, op. cit., p. 65

⁴³⁰ U. BECK, *La société du risque*, op. cit., p. 49-53

⁴³¹ M. BLOCH et J. L. GOFF, *Apologie pour l'histoire ou Métier d'historien*, Paris, Armand Colin, 1997, p. 176 Cité dans F. DOSSE, « De l'usage raisonné de l'anachronisme », *Espace Temps*, vol. 87, n° 1, 2005, p. 157

proposé un parcours des savoirs se rapportant à la Terre, centré sur l'agentivité géologique de l'humanité, le problème de la « réflexivité environnementale » est, quant à lui, beaucoup plus ample. D'abord parce que, en souhaitant nous concentrer sur certains savoirs et certaines thématiques en particulier, nous n'avons rendu compte que très imparfaitement de l'amplitude des savoirs modernes portant sur les questions du rapport entre l'action humaine et les milieux de vie ou encore portant sur les conceptions du vivant et de la Terre et de leur relation. En outre, si la question des savoirs possède sa propre importance, la réflexivité environnementale ne s'arrête pas à ce champ de discours. Elle concerne également de nombreuses pratiques : qu'elles relèvent de l'hygiénisme du XIXe siècle et de la maîtrise des « choses environnantes » (*circumfusa*), de l'économie circulaire y compris comme stratégie discursive de l'industrie du XIXe siècle, de l'économie d'abondance inquiétée par ses limites matérielles, des promesses des énergies dites renouvelables, de la pollution et des normes la requalifiant, des risques liés aux grands systèmes techniques et de toutes les controverses qui ont pu avoir lieu en leur voisinage⁴³².

Elle concerne tout autant les très nombreuses critiques du monde industriel et de ses modes experts de justification ainsi que la valorisation et la protection de la nature qui prennent forme tant dans le courant intellectuel et littéraire du romantisme et du transcendantalisme que dans les mouvements ouvriers, le républicanisme, le saint-simonisme, le socialisme, le communisme et l'anarchisme⁴³³. Tout cela n'est pas l'apanage d'un mouvement de réflexivité récent, mais bel et bien le lot historique du déploiement de la modernité industrielle dès son commencement. Dans un travail de synthèse, Bonneuil et Fressoz ont proposé six « grammaires de la réflexivité environnementale », se superposant pour partie entre les XVIIe et XXe siècles :

[...] 1) celle des choses environnantes (des *circumfusa* à l'environnement) comme interagissantes avec les corps et leur état de santé ; 2) celle des rapports mouvants entre climats et sociétés ; 3) celle des interdépendances des vivants (de l'économie de la nature à l'écologie et la biodiversité) ; 4) celle des cycles de la matière

⁴³² C. BONNEUIL et J.-B. FRESSOZ, *L'événement anthropocène*, op. cit. ; J.-B. FRESSOZ, *L'Apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique*, op. cit. ; J.-B. FRESSOZ, « Eugène Huzar et la genèse de la société du risque », op. cit. ; S. MOSLEY, *The Chimney of the World: A History of Smoke Pollution in Victorian and Edwardian Manchester*, Cambridge (GB), Cambridge University Press, 2001 ; S. MOSLEY, *The Environment in World History*, s. l., Routledge, 2010 ; F. JARRIGE et T. L. ROUX, *La Contamination du monde : Une histoire des pollutions à l'âge industriel*, op. cit. ; G. MASSARD-GUILBAUD, *Histoire de la pollution industrielle : France, 1789-1914*, Paris, Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 2010 ; F. JARRIGE et A. VRIGNON, *Face à la puissance : Une histoire des énergies alternatives à l'âge industriel*, Paris, La Découverte, 2020 ; F. ALBRITTON JONSSON, « The Origins of Cornucopianism: A Preliminary Genealogy », *Critical Historical Studies*, vol. 1, n° 1, 2014, p. 1-18

⁴³³ F. JARRIGE, *Technocritiques : Du refus des machines à la contestation des technosciences*, Paris, La Découverte, 2014 ; S. AUDIER, *La société écologique et ses ennemis : une histoire alternative de l'émancipation*, op. cit. ; S. AUDIER, *L'âge productiviste : Hégémonie prométhéenne, brèches et alternatives écologiques*, op. cit. ; C. FORD, *Naissance de l'écologie*, B. Commenge (trad.), Paris, Alma Editeur, 2018

(d'Aristote à la biogéochimie en passant par Lavoisier et le « métabolisme » chez Marx) ; 5) celle de l'énergie (et l'entropie) ; 6) celle des ressources et de leurs limites⁴³⁴

A cette première grille, Bonneuil ajoute encore celle de la réflexivité géologique, que nous proposons également ici, et « celle des formes d'inscription des processus terrestres dans des comparaisons ou des interdépendances avec d'autres corps et phénomènes célestes⁴³⁵. » A peu près toutes les notions cardinales de la pensée écologique, celles de « risque », de « controverse », de « changement global », de « systématicité de la nature », d'« anthropisation », d'« autorégulation » etc. ne sont pas récentes lorsqu'elles sont comprises dans leur comparaison avec d'autres séquences historiques. En tant qu'historiens, Bonneuil et Fressoz en tirent des conséquences pour leur discipline et plus généralement pour les récits de l'Anthropocène :

Mais, même en première analyse, il est manifeste que les modernes possédaient leurs propres formes de réflexivité environnementale. La conclusion s'impose, assez dérangeante en vérité, que nos ancêtres ont détruit les environnements en toute connaissance de cause. L'industrialisation et la transformation radicale des environnements qu'elle a causée par son cortège de pollutions se sont déroulées en dépit de la médecine environnementale ; l'utilisation toujours plus intensive des ressources naturelles, en dépit du concept d'économie de la nature et de la perception de leurs limites. Le problème historique n'est donc pas l'émergence d'une « conscience environnementale », mais bien plutôt l'inverse : comprendre la nature schizophrénique de la modernité qui continua de penser l'homme comme produit par les choses environnantes, en même temps qu'elle le laissait les altérer et les détruire⁴³⁶.

Il faut alors se demander si l'agentivité géologique de l'humanité, plutôt qu'une manière de remplacer le Père à l'article de la mort, n'est pas tout bonnement et dès le début un processus de mise en positivité de ce qui se passe sous les yeux des acteurs du XIXe siècle. Banale, cette thèse va pourtant à l'encontre de nombre des lectures de l'histoire qui, *in fine*, diminuent ou euphémisent l'agir environnemental déployé par la société industrielle tout autant que son importance au regard de ses contemporains de tout siècle. Pourtant, on trouve bien des références très concrètes à l'agir industriel – ou « civilisateur » – des sociétés européennes et états-uniennes du XIXe et du XXe siècles dans les écrits définissant alors une nouvelle planéarité – certes sous une forme que nous pourrions aujourd'hui jugée elle-même

⁴³⁴ C. BONNEUIL, « Der Historiker und der Planet. Planetaritätsregimes an der Schnittstelle von Welt-Ökologien, ökologischen Reflexivitäten und Geo-Mächten », *op. cit.* citant C. BONNEUIL et J.-B. FRESSOZ, *L'événement anthropocène*, *op. cit.*, p. 170-197.

⁴³⁵ C. BONNEUIL, « Der Historiker und der Planet. Planetaritätsregimes an der Schnittstelle von Welt-Ökologien, ökologischen Reflexivitäten und Geo-Mächten », *op. cit.*

⁴³⁶ C. BONNEUIL et J.-B. FRESSOZ, *L'événement anthropocène*, *op. cit.*, p. 221-222

euphémisée.

Il y a donc un réseau d'énoncés et de positivités parcourant de façon certes buissonnante, mais néanmoins adhérent aux sciences modernes, éclairant ce segment de notre cosmologie qui a conféré aux humains, entre récits et vérité, tout à la fois une position privilégiée et une fonction de transformation de ce monde. L'humanité, au sommet de laquelle se trouve la civilisation blanche-européenne, ne s'est pas effacée des positivités de la nature comme un visage de sable sous le déluge du Grand Partage, mais a au contraire formé un terrain de spéculations argumentées et de constructions narratives empiriquement informées.

Deuxième partie :
L'invention de l'environnement total
(1950-2000)

*Control of our environment and its resources must be man's
ultimate aim in geophysics⁴³⁷.*

— Athelstan F. Spilhaus, 1954

⁴³⁷ A. F. SPILHAUS, « Sea and Air Resources », *Geographical Review*, vol. 44, n° 3, 1954, p. 347

Introduction de la deuxième partie

En d'autres termes, pour que l'analyse ait une portée politique, il faut qu'elle porte non pas sur la genèse des vérités ou sur la mémoire des erreurs. Savoir quand telle science a commencé à dire la vérité, quelle importance ? Se rappeler toutes les erreurs que les médecins ont pu dire sur le sexe ou la folie, ça nous fait une belle jambe... Je pense que ce qui a une importance politique actuelle, c'est de bien déterminer quel est le régime de véridiction qui est instauré à un moment donné et qui est précisément celui à partir duquel vous pouvez maintenant reconnaître, par exemple, que les médecins du XIXe siècle ont dit sur le sexe tant de bêtises. Se rappeler que les médecins du XIXe siècle ont dit beaucoup de bêtises sur le sexe, ça n'a politiquement aucune importance. Seule a une importance la détermination du régime de véridiction qui leur a permis de dire comme vraies et d'affirmer comme vraies un certain nombre de choses dont il se trouve d'ailleurs que l'on sait maintenant qu'elles ne l'étaient peut-être pas tellement. Voilà le point, précisément, où l'analyse historique peut avoir une portée politique. Ce n'est pas l'histoire du vrai, ce n'est pas l'histoire du faux, c'est l'histoire de la véridiction qui a politiquement son importance⁴³⁸.

— Michel Foucault, 1979

7.1 Le nouveau pouvoir de dire le même

Mal comprise, la thèse défendue dans la partie précédente pourrait heurter le sens historique : n'y a-t-il rien de nouveau sous le soleil ? s'agit-il de dire qu'il n'y a pas d'« événement Anthropocène », au sens où cette notion ne signifie rien de plus que ce qui a été dit par le passé au sujet de l'action humaine sur le globe ? Loin d'affirmer une telle position,

⁴³⁸ M. FOUCAULT, *Naissance de la biopolitique. Cours au Collège de France (1978-1979)*, Paris, EHESS ; Gallimard ; Seuil, 2004, p. 38

nous avons écarté ce qui constituait une triple limitation du regard rétrospectif sur les énoncés environnementaux : les considérer comme des précurseurs (ou des précurSIONS), comme des irrationalités ou comme des autres incommensurables. L'argument consistait simplement à adopter non pas un commode relativisme historique dont la conséquence serait que tout discours posséderait la même valeur de vérité, mais à proposer une lecture comparatiste de l'histoire des énoncés scientifiques. Celui-ci s'appuyait non pas sur un plan d'objectivité autorisant la qualification ou la disqualification des énoncés (que cela soit la vérité des savoirs contemporains ou bien l'implacable objectivité de la trajectoire géologique du monde), mais sur les relations énonciatives entre des termes historiquement situés : ici, schématiquement, la Terre et l'humanité. C'est pourquoi nous avons repris la notion de « réflexivité environnementale » comme outil comparatiste, tout comme la notion de « régime d'historicité » l'est par exemple chez Hartog⁴³⁹. Plutôt que de dévaluer le présent, il s'agissait ainsi de se donner les moyens d'en restituer la spécificité tout en résistant à la tentation de le rendre souverain, c'est-à-dire de lui octroyer tout pouvoir d'auto-fondation : nous n'avons pas à déterminer à quelle période appartient la notion d'Anthropocène mais à caractériser ses actualités multiples. Comme il a été démontré dans la partie précédente, l'une de ces actualités s'inscrit bien dans l'histoire longue des récits de la Terre au sein des savoirs de la modernité – et sans doute pourrait-on rebrousser le récit jusqu'à la Renaissance. En ce sens, l'histoire moderne des énoncés savants qualifiant l'agentivité géologique humaine constitue un présent actif. La question que l'on peut alors se poser est la suivante : quelles sont les autres actualités en friction dans la composition de la notion d'Anthropocène ? Comment les détecter, les caractériser ?

Dans *L'Ordre du discours*, Foucault remarque que « Le nouveau n'est pas dans ce qui est dit, mais dans l'évènement de son retour⁴⁴⁰. » Foucault remarque par là que la pratique du commentaire cherche paradoxalement à faire apparaître un caché dans la reprise de ce qui a été dit, mais une reprise qui en révèle et en abrite le sens. D'autre part, à côté du commentaire mais aussi de la fonction auteur que Foucault décrit par ailleurs, la discipline constitue pour lui le troisième pôle de la limitation du discours. Certes, une discipline suppose la « possibilité de formuler, et de formuler indéfiniment, des propositions nouvelles », mais elle se définit surtout comme un « principe de contrôle de la production du discours⁴⁴¹. » C'est sur ce double point

⁴³⁹ F. HARTOG, *Régimes d'historicité*, op. cit.

⁴⁴⁰ M. FOUCAULT, *L'ordre du discours: Leçon inaugurale au Collège de France prononcée le 2 décembre 1970*, Paris, Gallimard, 1971, p. 28

⁴⁴¹ *Ibid.*, p. 32-37

que nous voudrions nous permettre de trahir et transposer la distinction de Foucault.

La partie précédente a effectivement montré qu'il se pourrait que, à rebours de nombreuses réceptions de la notion d'Anthropocène, sa nouveauté ne réside guère dans ce qu'elle dit. Par conséquent, il y a à comprendre pourquoi, malgré la répétition des schèmes narratifs de l'humanité agent géologique, il y a *de facto* événement d'un retour de ce qui est dit, et ce en dépit de la conception des sciences comme productrices d'énoncés nouveaux. Afin de souligner la dimension de contrôle disciplinaire – ici, dans le sens des savoirs –, Foucault remarque qu'« [il] se peut toujours qu'on dise vrai dans l'espace d'une extériorité sauvage ; mais on n'est dans le vrai qu'en obéissant aux règles d'une « police » discursive qu'on doit réactiver en chacun de ses discours⁴⁴². » Dans le cas de la notion d'Anthropocène, la difficulté ne vient pas de comprendre pourquoi un énoncé sort de son extériorité sauvage pour se trouver soudainement « dans le vrai », c'est-à-dire compatible avec un régime de véridiction donné⁴⁴³. La difficulté est de se saisir pourquoi, malgré le fait qu'un discours se maintient véridique dans différents régimes de véridiction du XVIIIe au XXe siècle⁴⁴⁴, ce discours, aujourd'hui, certes ne se trouve pas « dans le vrai », mais semble exposer une vérité profonde de son époque et se présente comme prétendant légitime à la vérité – voire comme origine susceptible de fracturer en retour les principales vérités régulatrices du présent (distinction nature/culture ; sujet/objet ; sciences/société ; temps géologique/temps historique ; présentisme/futurisme, etc.).

Afin de préciser ce problème, on peut rapprocher deux manières de dire l'agentivité géologique de l'humanité en apparence proches par le sens mais éloignées dans le temps. Malgré le siècle qui les sépare, les similitudes entre les propos de Chamberlin et de Crutzen sont frappantes : l'existence d'un diagnostic lié à une action humaine de portée planétaire ; la présentation des processus de transformation du globe en cours ; des hypothèses sur ses commencements et la désignation de la société industrielle ; tonalité pessimiste et présentation du péril ; et enfin le traitement optimiste des enjeux éthiques et techniques⁴⁴⁵. Dès lors, ce serait moins dans les contrastes tranchants qu'il faudrait chercher des écarts possibles, que dans ce qui relèverait des détails de forme ou des changements de contenu : le péril est plus tangible chez Crutzen, les réponses techniques sont d'une autre nature ; le diagnostic ne comporte pas les mêmes éléments de preuve. De ce point de vue, les différences aident à la détection

⁴⁴² *Ibid.*, p. 37-38

⁴⁴³ Foucault le définit ainsi : « l'ensemble des règles qui permettent, à propos d'un discours donné, de fixer quels sont les énoncés qui pourront y être caractérisés comme vrais ou faux ». M. FOUCAULT, *Naissance de la biopolitique. Cours au Collège de France (1978-1979)*, op. cit., p. 37

⁴⁴⁴ Voir à ce sujet la première partie.

⁴⁴⁵ Voir chapitre 9 pour Chamberlin, voir chapitres 17 à 19 pour l'analyse détaillée du récit de Crutzen et ses collègues.

d'épreuves particulières : par exemple, celle de l'histoire des sciences de la Terre et de la constitution d'indicateurs clés de la modification des grands cycles biogéochimiques, ou bien de la température globale. De même la présence de la géo-ingénierie – du terme même plus encore que de l'idée qu'elle recouvre – est un indice du type d'épreuve qui modifie l'énonciation du problème de l'agentivité géologique de l'humanité⁴⁴⁶.

Ainsi, pour reprendre l'analyse de Foucault, nous aurions à dresser le portrait d'un commentateur fictif qui serait virtuellement constitué par les processus historiques ayant recodé le récit de l'humanité géologique en l'espèce de la notion d'Anthropocène. Il est possible cependant de considérer un second plan d'analyse. Que le discours revienne peut certes faire événement dans la mesure où il est traduit, où les variations de sa signification l'exposent sous un nouveau jour – voire, dans certains cas, dans la mesure où ces variations, exposées dans le présent, mettent au jour ses significations antérieures inattendues. Toutefois, la nouveauté peut tout autant trouver son origine dans le fait, *qu'à la limite*, le discours, tel un refrain inchangé – une ritournelle –, fasse à un moment donné événement : non pas nouveauté due à un procès de traduction, mais *nouveauté du pouvoir réaffirmé de dire le même*. Dans *L'Archéologie du savoir*, Foucault remarquait qu'on « peut trouver des performances verbales qui sont identiques du point de vue de la grammaire (du vocable, de la syntaxe, et d'une façon générale de la langue) ; qui sont également identiques du point de vue de la logique (du point de vue de la structure propositionnelle, ou du système déductif dans lequel elle se trouve placée) ; mais qui sont énonciativement différents⁴⁴⁷. » C'est à partir de cette situation limite, qui semble en surface abolir les différences énonciatives, que nous souhaitons décrire ce pourquoi il y a bien différenciation dans le dire géologique.

7.2 Le dispositif comme réalité pré-individuelle

De la sorte, l'événement du retour peut être analysé comme individuation au sens qu'en donne Simondon. Pour rendre compte de l'individuation, celui-ci considère que toute réalité individuelle est une « phase » d'un système, c'est-à-dire un mode de fonctionnement de ce système qui lui est par nature constitutif. En ce sens, aucune réalité, aucun individu ne naît d'un assemblage *partes extra partes*, mais « [...] il y a au départ un système qui ne contient pas encore de réalité individuée, un système de réalité « préindividuelle » recelant des tensions et

⁴⁴⁶ Pour les besoins du propos, nous négligeons d'autres facteurs, comme la variation d'énonciateur et d'énonciataire.

⁴⁴⁷ M. FOUCAULT, *L'Archéologie du savoir*, op. cit., p. 197

aussi des potentiels lui permettant de se transformer. C'est parce que le système finit par devenir incompatible avec lui-même qu'il doit se transformer par réorganisation interne⁴⁴⁸ ».

Ainsi par exemple, le cri de Crutzen à l'encontre de la notion d'Holocène durant une conférence au Mexique – « nous ne sommes plus dans l'Holocène, nous sommes dans l'Anthropocène ! » – signale, en lui et hors de lui, une incompatibilité entre l'ampleur des changements climatiques et plus largement environnementaux d'origine humaine et les traits climatiques de l'Holocène. Le terme « Anthropocène » est alors en premier lieu une manière de réorganiser le système d'énoncés se rapportant au temps de la Terre. Il s'agit moins de rendre compatible le présent géo-écologique diagnostiqué par les sciences du « système Terre » avec la définition du présent géologique nominalement et formellement acceptée par les institutions légitimes, que d'acter l'incompatibilité entre cette définition (de l'Holocène) et l'actualité géologique précisément afin de la rendre, elle, compatible avec le dire géologique en général. Certes, bien d'autres traits sont en jeu : on pourrait ainsi souligner que l'état émotif et le bouillonnement que Crutzen éprouve à ce moment sont eux-mêmes en tension dans un système plus vaste au sein duquel on pourrait par exemple inclure l'angoisse du péril climatique, dont Crutzen a formulé une expression en participant à la caractérisation du fameux « hiver nucléaire » dans les années 1980⁴⁴⁹.

Bien plus complexe que ce seul acte de langage, le processus d'énonciation de la notion d'Anthropocène nous invite donc à assumer un domaine socio-historique relativement large auquel peut être rapporté la réalité préindividuelle de la notion d'Anthropocène, qui comprend donc la strate d'énonciation analysée au chapitre précédent. En effet, cette réalité préindividuelle a tout autant trait à un objet (la Terre et son histoire), qu'à une répartition des fonctions sociales-épistémiques (par exemple, rapport entre institutions savantes et politique), qu'à des imaginaires technoscientifiques (par exemple la géo-ingénierie), qu'à certaines valeurs (par exemple la précaution ou la vérité). Une difficulté supplémentaire consiste à saisir les relations entre ces termes, ou encore les relations à partir desquelles ces termes trouvent leur existence.

Afin de saisir cette nature composite, on peut utiliser le concept de dispositif chez Foucault qu'il définit en 1977 comme :

[...] un ensemble résolument hétérogène, comportant des discours, des institutions, des aménagements architecturaux, des décisions réglementaires, des lois, des

⁴⁴⁸ X. GUCHET, *Pour un humanisme technologique : culture, technique et société dans la philosophie de Gilbert Simondon*, Paris, Presses Universitaires de France, 2010, p. 4

⁴⁴⁹ P. CRUTZEN et J. BIRKS, « The Atmosphere after a Nuclear War: Twilight at Noon », *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, vol. 11, n° 2/3, 1982, p. 114-125

mesures administratives, des énoncés scientifiques, des propositions philosophiques, morales, philanthropiques, bref ; du dit, aussi bien que du non-dit, voilà les éléments du dispositif. Le dispositif lui-même, c'est le réseau qu'on peut établir entre ces éléments⁴⁵⁰.

Cette définition, certes très ample, doit être prise ici en décalage par rapport à ses premiers usages chez Foucault comme agencement de pouvoir destiné à la formation des conduites humaines. De même, ce que nous souhaitons désigner ici s'éloigne des approches plus récentes qui attachent la notion de dispositif à un lieu (école, prise, supermarché, abattoir, laboratoire de recherche, milieu urbain)⁴⁵¹. La notion de dispositif, courante dans les sciences humaines et sociales, nous permet d'effectuer un écart méthodologique par rapport à la partie précédente tout en nous donnant un cadre général d'enquête que nous serons à même de préciser par la suite. Premièrement, il s'agit désormais non plus seulement de discours, mais d'un arrangement de discursif et de non-discursif, intégrant notamment un large mouvement institutionnel. Deuxièmement, Foucault pense la notion de dispositif en rapport avec une « fonction stratégique dominante », ce qui suppose à son tour une distribution de pouvoir qui lui est propre. Cela ne signifie donc pas nécessairement qu'il s'agit d'une source unique et souveraine, mais que le dispositif est en rapport avec un jeu de pouvoirs : « C'est ça, le dispositif : des stratégies de rapports de forces supportant des types de savoir, et supportés par eux⁴⁵². »

En revanche, le dispositif auquel nous avons affaire ne se déploie pas dans le cadre d'une biopolitique, telle que Foucault a pu en faire l'anatomie dans *La volonté de savoir*. Notion qui désigne d'abord une hypothèse de travail, la biopolitique est une manière de saisir un ensemble de phénomènes historiques dans lequel les corps sont pris dans des processus d'objectivation, par des pratiques et des savoirs, de la vie sous la forme de la population. Selon Foucault, au tournant du XVIIIe siècle, s'inaugure une nouvelle forme de pouvoir soucieux de la quantité, des qualités, de la disponibilité ou de la productivité des corps. Dès lors, la biopolitique est qualifiée comme « ce qui fait entrer la vie et ses mécanismes dans le domaine des calculs explicites », à savoir les calculs de la pratique gouvernementale élaborés par un système de savoirs. Symétriquement, on peut formuler, au sujet de la Terre, la question suivante : « au nom de quoi et selon quelles règles peut-on [explicitement la] gérer » dans le

⁴⁵⁰ M. FOUCAULT, « Le jeu de Michel Foucault », *op. cit.*, p. 299

⁴⁵¹ M. LUSSAULT, *L'homme spatial : la construction sociale de l'espace humain*, Paris, Seuil, 2007 ; J. ESTEBANEZ, « Le zoo comme dispositif spatial : mise en scène du monde et de la juste distance entre l'humain et l'animal », *L'Espace géographique*, Vol. 39, n° 2, 7 juillet 2010, p. 172-179 ; S. LEMOINE, *Le sujet dans les dispositifs de pouvoir*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 2013

⁴⁵² M. FOUCAULT, « Le jeu de Michel Foucault », *op. cit.*, p. 300

cadre d'une géo-politique⁴⁵³ ?

Ici, il ne s'agit donc plus de la géopolitique au sens de l'analyse des relations entre les nations du monde, mais d'un type de politique et de distribution du pouvoir qui naît conjointement à l'invention de savoirs de la Terre, et qui, c'est une thèse sous-jacente à cette partie, suppose dès le départ l'entrée de la Terre dans ses calculs explicites⁴⁵⁴. C'est au sein de cette conjoncture que se spécifie un nouveau « dire géologique », qui se caractérise dans un second plan de temporalité – quoique tout nouveau qu'il soit, insistons une nouvelle fois, il existe par le passé d'autres prises en compte de la Terre dans le domaine politique. Nous n'affirmons donc pas que l'invention du géopouvoir se réalise durant la période que nous allons ici examiner, savoir la seconde moitié du XXe siècle, mais qu'une forme bien spécifique de ce pouvoir s'instaure, se précipite, se déploie alors. Ainsi, dans cette partie, nous partons de l'hypothèse qu'il est intéressant de rendre compte de la question de l'agir géologique à l'aune d'un dispositif de géo-savoir articulé à une géo-politique⁴⁵⁵. Face à la répétition du même, ce ne sont pas les énoncés abstraits qui font la différence, mais le type de réseaux auxquels ils sont attachés et surtout leur manière de spécifier les termes qui les composent et qui leur permettent d'exercer leur fonction énonciative. Les différences langagières ou évaluatives suivent cette première différence. La conséquence pour le problème qui nous occupe est la suivante : un

⁴⁵³ M. FOUCAULT, *Histoire de la sexualité, t. 1 : La Volonté de savoir*, Paris, Gallimard, 1994, p. 182

⁴⁵⁴ Afin de signaler cette distinction, nous proposons ici d'utiliser « géopolitique » pour le sens usuel, et « géo-politique » pour désigner le sens spécifier ici. Nous pourrions parler de géopouvoir ou de géopolitique de manière équivalente.

⁴⁵⁵ Vincent Devictor a proposé parallèlement de revisiter le concept de biopolitique à l'aune de la question de la biodiversité : dès lors que le vivant n'est plus seulement constitué de la population humaine, comment repenser la biopolitique ? « La démarche que nous proposons d'adopter consiste en somme à reprendre l'hypothèse biopolitique pour la confronter au domaine des sciences de la vie et à leurs outils techniques pour gérer la diversité biologique. Dans notre approche, ce dont il est question n'est pas la gestion et le contrôle de la vie des humains tel que Foucault les analyse mais celles des non-humains.[...] Si la biodiversité est en crise, quelles stratégies de gestion de crise déployer ? S'agit-il d'un accroissement de l'appareil législatif et du renforcement de décisions prises par un État central « en faveur de l'environnement » ? Ou assiste-t-on à l'émergence d'un dispositif de savoir-pouvoir diffus qui s'incarne dans des nouvelles techniques de contrôle ? » V. DEVICTOR, *La Prise en charge technoscientifique de la crise de la biodiversité*, Thèse de doctorat, Paris, Paris 1, 2018, p. 22. Notre propre travail se rapproche bien entendu du sien. Se demander, à partir de la problématique foucauldienne, comment sont formulées des règles permettant de gérer explicitement la Terre et les milieux, est une question qui est thématifiée depuis les années 1990. Les questions environnementales comprennent notamment des problématiques relatives à la connaissance, la prévention ou au contrôle des risques, y compris via une intervention sur les populations humaines et non humaines ; une telle affinité s'est assez tôt révélée fructueuse. En particulier Luke a déjà souligné la continuité entre la problématique de la biopolitique chez Foucault et celle d'un « géopouvoir », définissant des environnements disciplinaires à partir du problème de la bonne gouvernamentalité de la nature. Pour Luke, la « technosphère » polluante produit une réaction de la nature, qui elle-même devient « l'environnement ». Le géopouvoir est alors défini comme unification de la biosphère et la technosphère, à l'aide des savoirs écologiques au sens large. T. W. LUKE, « On Environmentality: Geo-Power and Eco-Knowledge in the Discourses of Contemporary Environmentalism », *Cultural Critique*, n° 31, University of Minnesota Press, 1995, p. 57-81. Pour une perspective plus large sur l'écopouvoir, voir E. DARIER, *Discourses of the Environment*, Oxford ; Malden, Wiley-Blackwell, 1998 ; F. ELICHIRIGOITY, *Planet Management: Limits to Growth, Computer Simulation, and the Emergence of Global Spaces*, Evanston, Northwestern University Press, 1999

énoncé qui se répète et dont l'ultime répétition est cette fois articulée à dispositif inédit n'est pas à proprement parler une répétition, mais un retour⁴⁵⁶. Dès lors, la description de ce dispositif se révèle tout à fait centrale.

7.3 Le diagnostic comme forme du géo-savoir

Nous proposons de décrire ce dispositif à travers la notion de diagnostic, catégorie relevant à la fois du domaine de la pensée et de la médecine. Dans le registre de la pensée, le diagnostic peut être envisagé comme effort d'interprétation de l'actualité connexe au collectif auquel appartient son énonciatrice ou son énonciateur. Son objet est bien de déterminer un *zeitgeist*, un « esprit du temps », « [...] dans la mesure où cette notion complexe désigne à la fois ce qui caractérise le présent dans sa globalité, les forces qui le dirigent ainsi que ce qui définit l'état d'esprit, la « mentalité » dominante d'une époque, le plus souvent dans un sens négatif⁴⁵⁷. » Remarquant que cette démarche remonte au moins au XVIIIe siècle avec Herder et Rousseau, Aurélien Berlan distingue quatre particularités du diagnostic : il repose sur une « communauté de destin », qu'il interpelle, de manière herméneutique ; il cherche à déceler ce qui est amené à « faire époque » et singulariser son présent ; pour ce faire, il détermine « les forces qui [...] dirigent [le présent] et lui impriment une direction » de manière à mettre en évidence des tendances ; enfin, il saisit des *pathologies* dans le présent et en cherche éventuellement des réponses⁴⁵⁸. Ainsi, le diagnostic comme orientation de la pensée « [...] présuppose nécessairement [des] jugements [de valeur] [...] et déroge ainsi radicalement à l'éthos scientifique. »⁴⁵⁹. En effet, plus que la vérité, la lucidité est l'horizon du diagnostic⁴⁶⁰.

La situation est tout autre dans le champ de la médecine. Le diagnostic médical repose sur une lecture des symptômes qui apparaissent *a priori* soit subjectifs (donnés par le patient) soit objectivés (reconnus par le médecin). Dans les deux cas, le symptôme est une réalité phénoménale obscure quant « [...] aux faits morbides qui n'arrivent pas encore à la nature de

⁴⁵⁶ M. FOUCAULT, *L'Archéologie du savoir*, *op. cit.*, p. 118-120

⁴⁵⁷ A. BERLAN, « Chapitre 1. Qu'est-ce qu'un diagnostic historique ? », dans *La Fabrique des derniers hommes : retour sur le présent avec Tönnies, Simmel et Weber*, Paris, La Découverte, 2012, p. 27

⁴⁵⁸ *Ibid.*, p. 28-39

⁴⁵⁹ *Ibid.*, p. 59

⁴⁶⁰ Berlan remarque avec justesse que : « Tel est le paradoxe central d'un mode de pensée qui, s'il ne veut pas dévier de son horizon idéal qu'est la lucidité, doit refréner sa dimension politique, alors même qu'elle seule donne sens à son idéal de lucidité. Il doit à la fois combattre la tendance à « fermer les yeux » sur tout ce qui remet en cause la vision politique dont il part et ne pas sacrifier l'exigence de lucidité sur l'autel de la performativité : ne pas céder à la tentation de dire des choses dans le seul espoir de faire faire des choses, car cela conduit à déformer la réalité. » *Ibid.*, p. 65

signes⁴⁶¹. » Contrairement à son acception commune, le symptôme ne fait pas sens de manière immédiate en cela qu'il n'est pas signifiant en lui-même, mais requiert un procès d'interprétation encadré dans un savoir, autant qu'un corps pour le devenir. Ainsi, il n'existe pas de symptôme qui puisse seul suffire à désigner sans équivoque une pathologie : c'est la combinatoire des symptômes comme signifiants qui en autorise la détermination. Cette combinatoire renvoie à un fonctionnement que Roland Barthes compare et rapproche de celui de la langue :

Ainsi, on pourrait se demander si le langage médical est soumis, lui aussi, à une double articulation. Je dirai, dans un certain sens, oui, puisqu'il y a des unités distinctives et insignifiantes, des signes qui, à eux seuls, n'arrivent pas à signifier, qui sont combinés en unités signifiantes, et que, comme les phonèmes, chaque signe peut participer à plusieurs syndromes ; je prendrai comme exemple un type de diagnostic que l'on faisait il y a environ cent cinquante ans, à travers les quatre signes suivants : la faiblesse musculaire, qui pouvait appartenir à l'hydropisie, la lividité du teint, qui pouvait appartenir à ce qu'on appelait les obstructions, les taches sur le corps, qui pouvaient appartenir à la variole, et le gonflement des gencives qui pouvait être provoqué par les accumulations de tartre ; or, si vous détachez ces signes d'un certain complexe, dans lequel ils sont, et si vous les rassemblez, vous produisez une autre maladie qui est le scorbut, c'est-à-dire que vous avez au fond des signes qui appartiennent à plusieurs maladies, et c'est uniquement leur groupement qui produit une spécificité morbide ; ce serait là, au fond, le schéma même de la double articulation⁴⁶².

Ici, le symptôme (ou le tableau symptomatique) est vu comme signifiant dont le médecin a pour charge de trouver le signifié. Il y a donc d'une part la collection d'une série de phénomènes et d'autre part un savoir médical qui en offre des interprétations pour les traduire en signe⁴⁶³. Le procès de traduction est aussi une remontée causale : trouver la « forme morbide » qui explique les signes⁴⁶⁴. Ainsi, le diagnostic ne se résume-t-il pas à une simple

⁴⁶¹ R. BARTHES, « Sémiologie et médecine », dans *L'Aventure sémiologique*, Paris, Seuil, 2002, p. 274-276. Barthes ajoute ici ce commentaire qui dénote toute la difficulté : « Cette définition est d'importance, parce que, si elle est juste, cela veut dire que le mot de « symptôme » n'a pas emporté tout de suite l'idée de signification, contrairement à la connotation du mot quand on le prend dans son sens métaphorique – en effet, quand nous parlons métaphoriquement de « symptôme », au fond nous lui attachons déjà une idée sémantique. Nous croyons que le symptôme est quelque chose qui est à déchiffrer, alors qu'en fait il semble que médicalement, l'idée de symptôme n'emporte pas immédiatement l'idée d'un déchiffrement, d'un système à lire, d'un signifié à découvrir ; il ne serait au fond que le fait brut offert à un travail de déchiffrement, avant que ce travail ait commencé. » Puis : « On voit alors que la sémiologie médicale, et c'est en cela qu'elle se distinguerait du mécanisme de la langue, a besoin, pour que le signe opère sa fonction signifiante, d'une sorte de support corporel, d'un lieu particularisé, ce qui n'est pas le cas dans la langue, où le son phonématique n'est pas supporté par une matière qui serait indépendante de lui. »

⁴⁶² *Ibid.*, p. 282-283

⁴⁶³ Pour une conception plus fine et plus spécifiquement médicale, on pourra consulter A. FAGOT-LARGEAULT, « 2. Calcul des chances et diagnostic médical », dans *Médecine et philosophie*, Paris, Presses Universitaires de France, 2010, p. 35-61

⁴⁶⁴ A.-C. MASQUELET, « Le Raisonnement diagnostique », dans *Le Raisonnement médical*, Paris, Presses Universitaires de France, coll. « Que sais-je? », 2006, p. 17

symptomatologie. Cette situation idéale est compliquée non seulement par le « complexe » évoqué par Barthes, mais également par le type de savoir dont le médecin dispose, et notamment par son « référentiel nosologique » qui peut varier, voire se trouver inopérant dans le cas de pathologies rares⁴⁶⁵. En conséquence, la variété du référentiel nosologique peut notamment entraîner des interprétations différentes des mêmes symptômes : « En effet, une douleur de l'épaule irradiant au bras évoquera une péri-arthrite-scapulo-humérale pour un rhumatologue et un syndrome de menace myocardique pour un cardiologue⁴⁶⁶. » Il y a donc un regard médical qui informe déjà la maladie depuis son savoir, son expérience, sa position sociale et son histoire.

On peut tresser un certain nombre de parallèles entre ces deux acceptions du diagnostic : une écoute des signaux offerts directement par un certain support (*patients*) ; une démarche herméneutique qui cherche à élaborer des significations à partir de ces derniers ; la détermination de certaines pathologies ; et, au fond, un caractère prescriptif de l'énonciation. Les divergences principales ont trait, précisément, à la nature du support (corps *versus* collectif socio-historique), de l'énonciateur ou l'énonciatrice, du type de savoir sur lequel repose le diagnostic (schématiquement, un savoir issu d'un dispositif *versus* un savoir qui se construit pendant le diagnostic), et enfin la position d'extériorité du médecin devant la patiente ou le patient *versus* la position d'intériorité de la pensée inscrite dans un collectif. Ce qui nous semble ici intéressant de faire valoir n'est ni l'un ou l'autre des diagnostics, pour lui-même, mais de les saisir comme matrice d'interprétation, de lecture du dispositif formé par l'avènement des savoirs de la Terre après la Seconde Guerre mondiale.

En revanche, on peut indiquer déjà les principaux traits qui nous servent de compas et qui justifient à nos yeux la catégorie de diagnostic pour le problème généalogique qui est le nôtre. Nous avons affaire à une série d'instaurations concomitantes : de *signes* de l'état de la Terre ; de *systématiques* d'interprétation de ces signes ; de *normes* concernant un *bon* état de la Terre ; d'un *champ socio-épistémique* d'énonciation des *maux* de la Terre comme problème *d'époque* ; d'un *cadre* différencié de la temporalité définissant cette époque ; d'un ensemble de *prescriptions* comme réponse à ces maux. Dans cette partie, il ne s'agit pas d'embrasser l'ensemble des acteurs, des réseaux, des savoirs, des technologies intellectuelles ou des énoncés qui pourraient renvoyer à l'élaboration de ces aspects fondamentaux du diagnostic – ou plus exactement, quoique l'expression soit ingrate, du processus de « diagnosticisation » des

⁴⁶⁵ M.-H. BOUCAND, « L'élaboration du diagnostic », dans *Une approche éthique des maladies rares génétiques. Enjeux de reconnaissance et de compétence*, Toulouse, ERES, 2018, p. 123-136

⁴⁶⁶ A.-C. MASQUELET, « Le Raisonnement diagnostique », *op. cit.*, p. 19

énoncés géologiques, et plus largement du dispositif de géo-savoir⁴⁶⁷. Nous allons en effet définir un domaine d'enquête plus restreint.

7.4 Décrire l'invention de l'environnement global

Dans la partie précédente, nous avons parcouru différents travaux caractérisant l'agentivité géologique de l'humanité. Quoique cette enquête s'arrête à la première partie du XXe siècle, il ne s'agit pas pour autant d'affirmer que l'idée d'une agentivité géologique de l'humanité a disparu. Par exemple, au sortir de la Seconde Guerre mondiale, deux ouvrages alertant sur la finitude des ressources connaissent un très large écho médiatique et populaire. *Road to Survival* (1948) de William Vogt et *Our Plundered Planet* (1948) de Fairfield Osborn dénoncent tous deux la démesure environnementale planétaire des activités humaines, le dernier allant jusqu'à qualifier l'humanité de « force géologique de grande ampleur »⁴⁶⁸.

Dans la continuité disciplinaire de la géochimie, il est quasi-systématique, dès les années 1950, que les textes décrivent et quantifient l'action de déplacement de la matière par l'industrie humaine au sein des cycles géochimiques ou biogéochimiques. De plus, la thèse de l'humanité comme force géologique à laquelle correspondrait une ère (dénommée « anthropogène » d'après Pavlov, ou encore « anthropozoïque » ou « psychozoïque »), n'est certes pas omniprésente, mais reste courante. Quoiqu'elle soit souvent datée de plusieurs milliers d'années, l'agir industriel, plus récent par nature, est caractérisé par son ampleur inédite, notamment à travers la perturbation du cycle du carbone et la création d'éléments radioactifs artificiels⁴⁶⁹. Par ailleurs, durant la seconde moitié du XXe siècle, la géologie conserve longtemps son indétermination quant à la définition de la plus récente séquence temporelle de l'histoire de la Terre, tout en faisant montre d'une moindre insistance sur l'agir matériel de l'humanité. Quoiqu'il soit souvent considéré comme « obsolète », le terme de « psychozoïque » reste utilisé et celui d'« Holocène » fait régulièrement référence à l'apparition

⁴⁶⁷ Cette partie n'a pas non plus l'ambition de rendre compte de l'ensemble de ces traits, du fait de son cadrage temporel et problématique, mais au contraire d'éclairer le processus, incomplet, par lequel le savoir-diagnostic émerge après la Seconde Guerre mondiale. En effet, comme nous le verrons dans la partie suivante, c'est plutôt dans les années 2000 que s'affirme et surtout se systématise, et de manière édifiante avec la notion d'Anthropocène, un géo-diagnostic. Ici, il s'agit donc humblement d'étayer cet argument en essayant de rendre compte, autour de questions précises et délimitées, des processus que nous avons évoqués.

⁴⁶⁸ F. OSBORN, *Our plundered planet*, Boston (Mass.), Little, Brown and Company, 1948 ; W. VOGT, *Road to survival*, New York, W. Sloane Associates, 1948, p. 29 et 176. Ces auteurs sont cités dans C. BONNEUIL et J.-B. FRESSOZ, *L' événement anthropocène*, *op. cit.*, p. 95

⁴⁶⁹ K. RANKAMA et Th. G. SAHAMA, *Geochemistry*, Chicago, University of Chicago Press, 1949 ; A. E. FERSMAN, *Geochemistry for Everyone*, D. A. Myshne (trad.), Moscow, Foreign Languages Publishing House, 1958 ; F. H. DAY, *The chemical elements in nature*, London, Harrap, 1963 ; Y. MIYAKE, *Elements of geochemistry*, Tokyo, Maruzen, 1965

de l'humanité sous sa forme biologique actuelle et dénote parfois l'ampleur biologique et matérielle de son activité⁴⁷⁰. D'autre part, dès les années 1950, Revelle, Suess, Bolin, Plass et commencent à se rallier aux thèses que Callendar défend alors, et ajoutent du crédit à l'hypothèse d'un changement climatique d'origine anthropique. Si les temps de résidence du CO₂ dans l'atmosphère et d'absorption dans l'océan sont alors incertains, tout comme de nombreuses autres questions, l'agir humain est d'ores et déjà quantifié et qualifié selon une mesure comparable aux processus géochimiques globaux du fait de son influence sur le cycle du carbone⁴⁷¹.

Ainsi semble-t-il que l'idée selon laquelle l'humanité soit une force géologique ne disparaît guère. Elle participe *a minima* au domaine du dicible des savoirs de la Terre. Toutefois, cette régularité, prise à ce degré de généralité, occulte non seulement les différences locales, mais aussi un changement plus large dans la mesure où s'invente durant la seconde moitié du XXe siècle une manière singulière de se rapporter à la Terre. Cette singularité ne peut s'éclaircir qu'en considérant que l'énonciation que nous cherchons à décrire désigne quelque chose de bien plus large, mais aussi plus spécifique, que la proposition abstraite de « l'humanité est une force géologique ». Cette singularité n'est donc pas l'attribution d'un tel prédicat à l'espèce, ou l'action, humaine. Comme nous l'avons remarqué en introduction avec Foucault, l'énoncé ne peut se singulariser – ne peut être saisi dans toute son extension – à partir d'un seul point de vue logique ou linguistique, même conceptuel. Et le cas de la notion d'Anthropocène en est une illustration édifiante⁴⁷².

Ce qui se singularise, c'est bien ce qui permet à l'énoncé « l'humanité est une force géologique » – ou tout autre énoncé apparenté – d'exercer sa fonction énonciative dans l'espace et le temps de son actualisation. Or l'énonciation de la notion d'Anthropocène s'effectue pendant, et après, une réinvention profonde des manières de se rapporter à la Terre dans le contexte savant et plus largement dans les institutions traitant des questions environnementales. Dès lors, notre objet ne peut se caractériser en *posant* l'avènement d'une globalité dans une conscience collective, mais en caractérisant le visage d'une globalité environnementale à

⁴⁷⁰ A. H. MCDANNALD, *The Encyclopedia Americana*, New York : Chicago, Americana Corp, 1945, p. 745 ; R. W. FAIRBRIDGE, *The Encyclopedia of Geomorphology*, *op. cit.*, p. 525 ; F. J. MONKHOUSE, *A Dictionary of Geography*, Chicago, Aldine, 1970, p. 281 ; L. W. MINTZ, *Historical Geology: the Science of a Dynamic Earth*, Columbus (Ohio), C.E. Merrill Pub., 1972, p. 750 ; M. GARY, *Glossary of Geology*, Washington, American Geological Institute, 1973, p. 576

⁴⁷¹ R. REVELLE et H. E. SUESS, « Carbon Dioxide Exchange Between Atmosphere and Ocean and the Question of an Increase of Atmospheric CO₂ during the Past Decades », *op. cit.* ; B. BOLIN et E. ERIKSSON, « The atmosphere and the sea in motion. Scientific contributions to the Rossby memorial volume », *op. cit.* ; G. N. PLASS, « The Carbon Dioxide Theory of Climatic Change », *op. cit.*

⁴⁷² Voir « Cadre théorique et plan général », p.31.

laquelle est rattachée la notion d'Anthropocène au cours des années 2000. En effet, le caractère global des maux environnementaux n'est pas d'abord un donné abstrait à partir duquel s'échafauderait des pensées qui fourniraient les cadres de représentation collectifs. Le « global », tout comme la « nature », possède lui-même une historicité sociale au sens où ses définitions varient en fonction des époques et des agencements sociaux qui le portent comme catégorie et auxquels on se réfère. Ce qui compte pour nous, c'est de faire valoir la singularité de ces agencements comme modalité d'inscription du discours qui institue une ontologie de la Terre, au sens de normes discursives portant sur l'être de la Terre – y compris son historicité.

C'est pourquoi nous proposons de spécifier historiquement le dispositif qui sera principalement notre objet dans cette partie, non pas en nous donnant des bornes temporelles, mais un cadrage constitutif. L'objet général de cette thèse concerne le *dire* environnemental et géologique, ce pourquoi le discours fait l'objet d'une attention particulière. Mais la question du discours est ici prise *en tant qu'elle s'articule à des déploiements institutionnels*. S'inspirant de la notion de globalisme informationnel définie par Martin Hewson (ensemble de systèmes et d'institutions de transmission et de création de l'information autour du monde), Paul Edwards propose le concept de *globalisme*⁴⁷³. Cependant, Edwards insiste sur la place, devenue fondamentale au sens propre et figuré, des infrastructures dans les sciences modernes ce qui le conduit à proposer le concept de *globalisme infrastructurel* comme « projets de complexes institutionnels et technologies permanents et unifiés à l'échelle mondiale qui génèrent de l'information globaliste non pas par accident, comme un simple produit dérivé de leurs objectifs, mais de manière délibérée⁴⁷⁴. » Le globalisme infrastructurel est mu par un ensemble de projets, comme « pratiques » de long-terme ayant pour but d'instaurer des infrastructures toujours articulées à des communautés épistémiques mondiales. « Si un tel projet rencontre le succès, il crée une infrastructure qui perdure bien au-delà des trajectoires individuelles, des mouvements sociaux ou des tendances politiques. Cette endurance en tant que telle légitime la connaissance qu'elle produit et se perpétue elle-même⁴⁷⁵. »

Selon Edwards, l'après-guerre est l'époque du globalisme, au sens où la matérialisation de réseaux directement globaux, requérant notamment des standards de mesures internationaux, des infrastructures communes et des communautés leur étant articulées, ne se produit qu'à ce moment de façon aussi probante. Ainsi, bien que, dans le domaine de

⁴⁷³ P. N. EDWARDS, *A vast machine: computer models, climate data, and the politics of global warming*, Cambridge & London, MIT Press, 2013, p. 23

⁴⁷⁴ *Ibid.*, p. 25

⁴⁷⁵ *Id.*

météorologie par exemple, il existât auparavant des échanges d'information internationaux et des réseaux transnationaux, il n'y avait pas de projet, largement partagé et en cours de réalisation, d'instauration d'infrastructures globales et dont l'objet explicite était bien de produire une information globale. Or, précisément, c'est de l'instauration de ce globalisme dont dépend le discours anthropocénique des années 2000 et 2010, globalisme qui n'est pas, c'est une perspective que nous défendons, seulement opérant au niveau de l'échange, ou de la standardisation de l'information. Il y a bien des manières de concevoir des problèmes et des objets qui sont simultanés et transversaux à l'instauration des infrastructures du dire, et qui participent, en l'occurrence, du globalisme. Ainsi, nous focalisons notre regard moins sur l'étude des infrastructures pour elles-mêmes, ce qui constituerait de passionnants et nécessaires objets pour d'autres travaux, que sur l'étude des pratiques discursives s'articulant au globalisme décrit par Edwards.

Nous montrons tout d'abord qu'il existe, après la Seconde Guerre mondiale, un vaste mouvement d'*explicitation* des questions environnementales à travers la montée complexe et réticulaire des savoirs de la Terre, qu'il s'agit de distinguer de la montée d'une « conscience environnementale » ou d'une « conscience écologique ». Cette étude s'élabore ici par deux échelles de temps et d'espaces complémentaires. D'une part rendre compte de l'invention de l'environnement global du point de vue de l'histoire longue de la seconde moitié du XXe siècle en prenant en charge l'historiographie récente à ce sujet. La thèse défendue ici est que ce processus doit être caractérisée comme conjointe au déploiement des complexes militaro-épistémiques et des réseaux de mise en traces de la Terre. Ce premier cadrage permet de rendre compte de la singularité historique du « global » et du temps de l'Anthropocène. D'autre part, nous examinerons comment, entre les années 1970 et 1990, de nouvelles pratiques discursives objectivent à la fois des panoramas environnementaux globaux et une synthèse du global sous l'objet « système Terre ». Il s'agit à la fois d'élaborer un diagnostic global, à travers des outils en même temps institutionnels et conceptuels qui s'inventent conjointement comme réponses au dérèglement global, qui est loin de se résumer au changement climatique. Au final, le XXe siècle connaît une transposition massive de l'agir global, de la Guerre froide vers la recherche d'une régulation géologico-politique, sur laquelle nous reviendrons en conclusion.

Opérationnalité et opérativité terrestres

As historians pore over formerly declassified documents, they see desperate men and women planning a third world war and arming mother nature in the most hideous ways, not to win battles but to maximize human death⁴⁷⁶.

— Jacob Hamblin, 2013

Depuis quelques années, l'histoire de l'invention de l'environnement global est largement explorée par les sciences humaines et sociales. A première vue, en considérant que l'environnement global est un dispositif, il serait possible d'associer à cette entreprise les histoires des sciences de la Terre au sens large (géologie, écologie globale, sciences de l'atmosphère, océanographie, biogéochimie, etc.), les histoires des infrastructures techniques (satellites et imagerie globales, conquête spatiale, stations d'observations, etc.), et les histoires des discours publics et des institutions afférentes (UICN, PNUE, CCNUC, mais aussi, par exemple, WWF, Friends of the Earth, Greenpeace, etc.) mais encore l'histoire des médias, des images, des mouvements sociaux, etc. Lorsqu'il s'agit d'enquêter sur les dispositifs, il n'y a pas de limite aux objets disponibles ; les réseaux toujours prolifèrent.

Toutefois, on peut distinguer d'une part ce qui relève pour le contemporain de la notion d'environnement global en général, et d'autre part la manière dont cette notion a bien une

⁴⁷⁶ J. D. HAMBLIN, *Arming Mother Nature : the Birth of Catastrophic Environmentalism*, Oxford, Oxford University Press, 2013, p. 244

histoire spécifique au cours de laquelle elle est liée à un domaine de savoirs en particulier et devient un élément central du discours scientifique et des arènes politiques internationales. Cette histoire pourrait d'ailleurs éclairer les raisons pour lesquelles une telle notion nous paraît aujourd'hui familière, tout en échappant à tout cadre notionnel précis. De ce point de vue, on peut distinguer – sans aucunement porter de jugement de valeur – le projet de rendre compte *explicitement* de l'invention de l'environnement global d'avec les nombreux travaux susceptibles de participer à cette description. En effet, décrire cette invention, cela peut certes consister à faire l'histoire des savoirs dont les objets d'enquête ont un rapport d'échelle, ou de thème, au globe, mais c'est aussi *décrire comment cette catégorie est positivement caractérisée* : quels sont les discours, les assemblages, qui l'autorisent comme élément pertinent du discours autant que ceux qu'elle autorise en retour⁴⁷⁷. Parler d'environnement global n'est peut-être pas aussi évident que ce à quoi nous sommes habitués.

8.1 La Terre comme milieu d'opérationnalité

Un des principaux aspects du dispositif de géo-pouvoir qui naît au tournant de la Seconde Guerre mondiale consiste en l'extension sans précédent des sciences de la Terre conjointement à la Guerre froide. Avec ce processus, les propriétés spatiales de la Terre se modifient : ce n'est plus un espace aux limites indéfinies, mais il devient dépositaire d'une frontière – tout comme l'espace de conquête états-unien possédait une frontière – qu'il s'agit de repousser⁴⁷⁸. La différence étant que cette frontière n'est plus attachée à un territoire donné ou à un espace géographique sur lequel se déploierait une puissance étatique ou impériale. Elle concerne désormais, en droit, le milieu Terre dans sa totalité : elle est une frontière épistémique autant qu'une frontière pratique.

On sait comment le projet Manhattan, à l'origine de la bombe atomique, inaugure les

⁴⁷⁷ Pour ce genre d'études, on pourra par exemple mentionner Y. MAHRANE *et al.*, « De la nature à la biosphère : L'invention politique de l'environnement global, 1945-1972 », *Vingtième Siècle. Revue d'histoire*, vol. 113, n° 1, 2012, p. 127-141 ; O. UHRQVIST et E. LÖVBRAND, « Seeing and Knowing the Earth as a System : Tracing the History of the Earth System Science Partnership », dans *Amsterdam Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change - « Earth System Governance: People, Places, and the Planet »*, Amsterdam, 2009 ; O. UHRQVIST, « Governing through Knowledge – START and the Expansion of Global Environmental Research », dans C. Methmann, D. Rothe et B. Stephan (éd.), *Interpretive Approaches to Global Climate Governance: (De)constructing the Greenhouse*, New York, Routledge, 2013, p. 152-165 ; S. GREVSMÜHL, *La terre vue d'en haut : l'invention de l'environnement global*, Paris, Seuil, coll. « Anthropocène », 2014 ; S. HÖHLER, *Spaceship Earth in the Environmental Age 1960-1990*, Milton Park, Routledge, 2017

⁴⁷⁸ Comme l'a thématiqué en histoire environnementale William Cronon, modifiant la célèbre thèse de Turner à ce sujet. W. CRONON, « The Trouble with Wilderness; or, Getting Back to the Wrong Nature », dans W. Cronon (éd.), *Uncommon Ground: Rethinking the Human Place in Nature*, New York, Norton & Co, 1995, p. 69-90

grands chantiers techno-scientifiques de la seconde moitié du XXe siècle sous la forme de *big science*. Cette affinité n'est pas seulement un rapport d'échelle : elle concerne tout autant l'extension des réseaux, l'investissement matériel ou économique, ou encore l'internationalisation des collectifs épistémiques⁴⁷⁹. Or ce style bien précis de *big science* se trouve particulièrement déployée dans les sciences de la Terre après 1945. Il ne s'agit pas simplement d'un contexte de découverte, dont on pourrait par ailleurs faire abstraction. En effet, depuis les années 2000, les historiens et historiennes des sciences ont mis en évidence l'entremêlement des pratiques savantes, y compris institutionnelles, avec les politiques de la Guerre froide⁴⁸⁰. Bien loin de simplement co-exister, les enjeux stratégiques, technologiques et diplomatiques, d'une part, et les intérêts scientifiques, d'autre part, n'ont cessé de se croiser. Les scientifiques ont augmenté leur rôle en matière de politique internationale, en s'impliquant par exemple dans les réseaux d'espionnage⁴⁸¹, mais aussi en participant aux efforts diplomatiques qui ont débouché sur de grands accords multilatéraux, tel que le Traité sur l'Antarctique ou le Traité d'interdiction partielle des essais nucléaires⁴⁸². Cette histoire relève de ce que l'historien Ronald Doel nomme la « science en noir » (*Science in black*), c'est-à-dire, un vaste domaine d'activité maintenues secrètes du fait de l'implication des scientifiques dans les activités politiques internationales de leur pays, au premier rang desquels les Etats-Unis d'Amérique⁴⁸³.

En 1966, Donald Hornig, un ancien chimiste de l'université de Brown devenu le conseiller pour la science du président Lyndon B. Johnson, déclarait que les « sciences environnementales » étaient le terrain de « l'aéronomie, la géologie, la sismologie, l'hydrologie, la météorologie, l'océanographie et la cartographie⁴⁸⁴ ». Comme le laissent entendre ces propos, le champ des savoirs environnementaux est pluriel et très varié. Si l'historiographie de l'histoire

⁴⁷⁹ P. GALISON et B. W. HEVLY (éd.), *Big Science: The Growth of Large-scale Research*, Stanford, Stanford University Press, 1992, p. 199 ; A. RASMUSSEN, « Sciences et guerre », dans D. Pestre et C. Bonneuil (éd.), *Histoire des sciences et des savoirs : Le siècle des technosciences*, Paris, Éditions du Seuil, 2015, vol. 3/3, p. 47-66

⁴⁸⁰ A. RASMUSSEN, « Sciences et guerre », *op. cit.*

⁴⁸¹ R. E. DOEL, « Scientists as Policymakers, Advisors, and Intelligence Agents: Linking Contemporary Diplomatic History with the History of Contemporary Science », dans T. Söderqvist (éd.), *The historiography of contemporary science and technology*, Amsterdam, Harwood academic, 1997, p. 215 ; R. E. DOEL, « Constituting the Postwar Earth Sciences: The Military's Influence on the Environmental Sciences in the USA after 1945 », *Social Studies of Science*, vol. 33, n° 5, 2003, p. 645

⁴⁸² R. E. DOEL, « Constituting the Postwar Earth Sciences », *op. cit.*, p. 636

⁴⁸³ R. E. DOEL, « Scientists as Policymakers, Advisors, and Intelligence Agents: Linking Contemporary Diplomatic History with the History of Contemporary Science », *op. cit.*

⁴⁸⁴ R. E. DOEL, « Quelle place pour les sciences de l'environnement physique dans l'histoire environnementale ? », *Revue d'histoire moderne contemporaine*, n° 56-4, n° 4, 2009, p. 159. Voir aussi le numéro de *Social Study of Science* consacré à cette question M. A. DENNIS, « Postscript: Earthly Matters: On the Cold War and the Earth Sciences », *Social Studies of Science*, vol. 33, n° 5, 2003, p. 809-819

environnementale s'est beaucoup concentrée sur le rôle de savoirs dont les énoncés venaient porter contradiction aux grandes infrastructures militaro-industrielles, notamment à partir des années 1960, il existe aussi une histoire des sciences, et plus largement des discours environnementaux, qui s'y sont adossées. Le terme de « sciences environnementales » est d'ailleurs utilisé par les scientifiques de la Terre au sein des organisations militaires états-uniennes dès les années 1950. Des champs aussi variés que l'océanographie, les sciences atmosphériques, les études du champ magnétique terrestres, la géophysique, la sismologie, l'écologie systémique profitent tous à cette époque de larges financements par l'armée états-unienne et le sont encore⁴⁸⁵.

En sus du caractère proprement diplomatique, et parfois relevant des questions de sécurité et d'espionnage, la connaissance des *milieux d'intervention opérationnelle* est déterminante pour le développement de l'arsenal militaire. La distribution de la salinité, de la pression et de la température des eaux, la physique de propagation des ondes acoustiques et électromagnétiques, la topographie des fonds sont autant de paramètres nécessaires au pilotage des sous-marins. La connaissance fine des propriétés physico-chimiques des différentes couches de l'atmosphère, notamment leurs particularités s'agissant du maniement des avions de chasse et de la propagation des ondes radios, de même que de la géodésie et du champ magnétique et gravitationnel terrestres, ont largement été accrues et mobilisées pendant la guerre froide. La modélisation numérique est considérée comme outil privilégié de l'accroissement des capacités de prédiction météorologiques – dans quelles conditions les missiles vont-ils se déplacer ? quels phénomènes atmosphériques inattendus faut-il anticiper au cours d'un trajet de plusieurs milliers de kilomètres ? Quels sont les *optima* d'exploitation des écosystèmes ? Comme les autres savoirs, le développement de l'usage des modèles et de la simulation numériques se révèle largement dépendante des besoins de la Guerre froide⁴⁸⁶. L'écologie systématique, qui est aussi une écologie radiative par son usage extensif de radiotraceurs artificiels, est également tributaire du soutien militaire⁴⁸⁷. La connaissance de l'océan, quoique moins décrite sur le plan historique, est, elle aussi, essentielle aux puissances en conflit depuis la première moitié du XXe siècle. Connaissance de la surface (cartographie, marées, vents) bien entendu, mais également connaissance de profondeur : en effet, avec l'avènement du sous-marin notamment – dont le lanceur de missiles nucléaires au tournant des

⁴⁸⁵ R. E. DOEL, « Constituting the Postwar Earth Sciences », *op. cit.*, p. 636

⁴⁸⁶ A. DAHAN et D. PESTRE, *Les sciences pour la guerre : 1940-1960*, Paris, Editions EHESS, 2004

⁴⁸⁷ R. E. DOEL, « Quelle place pour les sciences de l'environnement physique dans l'histoire environnementale ? », *op. cit.*, p. 151

années 1950 –, cette dimension verticale des flots se révèle stratégiquement incontournable. Ainsi, au sortir de la Seconde Guerre mondiale, l’océanographie est-elle inextricablement liée aux enjeux, et au soutien, militaire des puissances⁴⁸⁸. Si la soif de connaissance de la Terre n’est guère récente, l’échelle, les moyens adoptés après la Seconde Guerre mondiale relèvent d’un autre ordre de grandeur⁴⁸⁹. Ainsi, la Terre comme milieu devient un domaine d’intervention total : l’opérationnalité terrestre est le déploiement effectif des savoirs rendant possible, ou posant les conditions de l’intervention spatiale humaine dans toute la diversité des milieux *habitables ou non-habitables* sur Terre.

8.2 Opérativité terrestre : agir sur le milieu

Mais intervention *dans* n’est pas intervention *sur*. Reste donc à qualifier la manière dont l’action sur le milieu Terre est pensée conjointement au déploiement des réseaux d’objectivation de la Terre. L’opérationnalité, nous l’avons montré, est pensée en termes d’intervention technique *dans* le milieu Terre. Il s’agit principalement de capacités d’investigation, de surveillance, d’anticipation ou de déplacement. Or, la Guerre froide donne une ampleur inédite à un autre type d’intervention que l’on pourrait qualifier d’*opérativité* au sens où une opérativité consiste en une *capacité d’opérer sur un objet donné*. Nous avons ici affaire à des interventions techniques *sur* le milieu Terre. Ce qui est frappant avec l’opérativité terrestre, c’est la façon dont elle suppose, encore davantage que l’opérationnalité, une approche de la Terre comme environnement total, à savoir comme espace dont toute composante peut être envisagée comme moyen en vue d’une fin au sein d’une pensée technico-politique, qui est déjà inscrite dans une géo-politique.

Dès les années 1950, de grands programmes internationaux de météorologie se proposent d’établir des moyens de prédictions météorologiques alors inédits. En apparence, on a moins affaire alors à une maîtrise du temps qu’au développement de capacités d’anticipation du comportement de l’atmosphère. Or, entre les années 1950 et 1970, les projets météorologiques sont non seulement articulés à une volonté d’anticipation, mais également à une volonté de contrôle direct sur les phénomènes météorologiques. Au début des années 1960, l’Académie des sciences états-unienne (NAS) publie un rapport recommandant notamment la mise en place de technologies de modification météorologique (*weather control* ou *weather*

⁴⁸⁸ J. D. HAMBLIN, *Oceanographers and the Cold War : Disciples of Marine Science*, Seattle, University of Washington Press, 2005, 1 vol.

⁴⁸⁹ R. E. DOEL, « Quelle place pour les sciences de l’environnement physique dans l’histoire environnementale ? », *op. cit.* ; R. E. DOEL, « Constituting the Postwar Earth Sciences », *op. cit.*, p. 638

modification), qui influe largement sur l'orientation des institutions météorologiques internationales⁴⁹⁰. En particulier, les recommandations de ce rapport sont reprises dans la section C de la résolution 1721 adoptée lors de la seizième session par l'Assemblée générale des Nations unies en décembre 1961. L'Assemblée recommande, avant même de développer des moyens de prévision météorologiques, de « faire progresser la science et la technique atmosphériques de manière à faire mieux connaître les forces physiques fondamentales affectant le climat et à donner la possibilité de modifier à grande échelle les conditions météorologiques⁴⁹¹. » Cette recommandation se retrouve également mentionnée dans les textes programmatiques et fondateurs du GARP (Global Atmosphere Research Programme) et du World Weather Watch⁴⁹² et dans les discours des chefs d'Etat devant les Nations Unies appelant à contrôler l'atmosphère⁴⁹³.

La conception selon laquelle il est possible de modifier les conditions climatiques d'une région donnée, voire du globe, est très ancienne comme l'indiquait déjà le chapitre précédent. Cette idée traverse la littérature et la pensée européennes dès la *Divine comédie* de Dante et *Le Paradis perdu* de Milton, en passant par Bacon, Jefferson, Busson, mais aussi Verne et Twain. De même, les projets techniques, relevant souvent plus de l'imaginaire que d'opération capables de produire une différence effective, visant à modifier en particulier les conditions de précipitation ont aussi une longue histoire qui remonte au moins au XIXe siècle⁴⁹⁴. Cependant, le projet de modification météorologique participe et s'inscrit dans le développement même des réseaux météorologiques sans précédent de l'après-guerre, et dans le dispositif de géo-pouvoir qui naît conjointement. Loin d'être réfutée, ou reléguée au stade de fantôme émanant de savoirs qui seraient réputés pré-scientifiques, elle reste longtemps compatible avec le discours météorologique et climatique global.

Même si elle est controversée surtout dans les années 1950, l'idée, et les nombreux essais en ce sens, de la possibilité de contrôler le temps qu'il fait, reste partagée et s'expérimente

⁴⁹⁰ NATIONAL RESEARCH COUNCIL (U.S.) COMMITTEE ON ATMOSPHERIC SCIENCES, *The Atmospheric Sciences 1961-1971: A Report to the Special Assistant to the President for Science and Technology*, Washington, D.C., National Academy of Sciences ; National Research Council, 1962

⁴⁹¹ NATIONS UNIES, « Coopération internationale touchant les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphériques », 1961

⁴⁹² INTERNATIONAL COUNCIL OF SCIENTIFIC UNIONS (ICSU) et WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO), *Report of Planning Conference on GARP*, ICSU ; WMO, Special Report, n°1, 1970 ; DEPARTMENT OF COMMERCE *et al.*, *World weather program: Plan for fiscal year 1972*, Government Printing Office, 1971

⁴⁹³ Comme le spécifie ainsi le discours du 25 septembre 1961 du président des Etats-Unis John F. Kennedy. F. GREENAWAY, *Science International: a History of the International Council of Scientific Unions*, Cambridge (GB), Cambridge University Press, 1996, p. 157

⁴⁹⁴ J. R. FLEMING, *Fixing the Sky: the Checkered History of Weather and Climate Control*, New York, Columbia University Press, 2010, p. 15-136

au sein des sciences atmosphériques entre les années 1940 et jusqu'à la fin des années 1970. On peut compter parmi ces tenants de l'époque John von Neumann, dont les contributions en mécanique des fluides et dans le domaine de la modélisation numérique furent déterminantes, Robert M. White, directeur de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) de 1970 à 1977, et Irving Langmuir, prix Nobel de chimie et directeur d'un programme d'ensemencement des nuages, le Project Cirrus, sous les auspices de l'Army Signal Corps et de l'Office of Naval Research⁴⁹⁵, et qui défend publiquement, dans un article dans *Science* en 1950, la possibilité de modification des ouragans⁴⁹⁶. Si la création de pluie se présente dans le discours public comme un bienfait potentiel pour l'agriculture en particulier, dans les faits, la modification météorologique devient une arme envisageable dès la fin des années 1940 sous l'impulsion de Langmuir, mais aussi d'Edward Teller – scientifique hongrois émigré aux Etats-Unis, impliqué dans leur programme d'armement nucléaire états-unien depuis le Projet Manhattan et un des inventeurs de la bombe à fusion nucléaire – pour faire partie des stratégies militaires jusqu'aux années 1970. Si l'efficacité des techniques de modification météorologiques n'a jamais été démontrée, et en particulier la création de pluies ou l'altération des ouragans, elles ont pourtant été utilisées dans un contexte de guerre, en particulier dans les pays d'Asie du Sud-Est par les puissances impérialistes (mais aussi dans un contexte de sécheresse en Inde, au Pakistan, au Japon, et Philippines). De telles opérations militaires dont le budget s'élevait à 3,6 millions de dollars (USA) ont connu un épisode particulièrement intense entre 1966 et 1972, durant la guerre du Vietnam⁴⁹⁷.

Cependant, la modification météorologique n'est qu'un aspect de l'opérativité terrestre de la Guerre froide et l'on pourrait ajouter qu'il s'agit d'un aspect mineur si l'on considère la seule échelle d'intervention. En effet, l'histoire de la *science in black* révèle des projets aux visées beaucoup plus amples. Dans la lignée de l'idéologie de la guerre totale s'investissant dans l'hypothèse d'une troisième guerre mondiale, héritant en particulier de la doctrine Trenchard-Harris consistant à bombarder des populations civiles à des fins de terreur⁴⁹⁸, des programmes de recherche militaires pensent et conçoivent des manières de mettre à profit toute

⁴⁹⁵ E. M. CONWAY, *Atmospheric Science at NASA: A History*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 2008, p. 65 ; C. KWA, « The Rise and Fall of Weather Modification: Changes in American Attitudes Toward Technology, Nature, and Society », dans P. N. Edwards et C. Miller (éd.), *Changing the Atmosphere: Expert Knowledge and Environmental Governance*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 2011, p. 135-166

⁴⁹⁶ I. LANGMUIR, « Control of Precipitation from Cumulus Clouds by Various Seeding Techniques », *Science*, vol. 112, n° 2898, 1950, p. 35-41

⁴⁹⁷ J. R. FLEMING, *Fixing the sky*, *op. cit.*, p. 179-182

⁴⁹⁸ R. RHODES, *The Making of the Atomic Bomb*, 1st edition, New York, Simon & Schuster, 1987 ; E. MARKUSEN et D. KOPF, *The Holocaust and Strategic Bombing: Genocide and Total War in the Twentieth Century*, Boulder, Westview Press, 1995 ; A. J. ROTTER, *Hiroshima: The World's Bomb*, Oxford ; New York, Oxford University Press, 2008

saillance terrestre en vue de maximiser les pertes civiles ennemies.

Comme le rappelle l'historien Jacob Hamblin : « [Les corps armés] exploraient toute utilisation, manipulation ou effets possibles sur l'environnement global. Ils pensaient de manière routinière à la guerre totale et la fragilité humaine afin d'intégrer ces questions dans la sécurité nationale⁴⁹⁹. » Ce qui signifie également que la connaissance du milieu Terre est tributaire de l'opérativité terrestre. Ainsi, à la vision « synoptique » comme *buzzword* des années 1950 et 1960, hérité de l'Année géophysique internationale (AGI), répondent des « manipulations synoptiques », ou encore « armes synoptiques », tel que le caractérise le physicien Theodor Von Karman – préfigurant le concept d'« objet-monde » proposé par Michel Serres dans les années 1990⁵⁰⁰. Directeur l'un groupe de réflexion international dans les années 1960 sous l'égide de l'OTAN (le JASON group), dont le but est d'anticiper les futurs armements d'alors dans un contexte de guerre totale, Von Karman propose à cette époque de parler de « guerre environnementale » (*environmental warfare*), qui a l'avantage de pouvoir, en fonction des techniques employées, tout autant posséder le caractère manifeste d'une guerre nucléaire que se révéler beaucoup plus évasif, l'ennemi pouvant ne pas reconnaître jusqu'à l'arme qui est visée contre lui.

Entre armes biologiques, contamination radioactive mais aussi manipulation météorologique et climatique, modification de la circulation océanique, des propriétés électromagnétiques ou chimiques de l'atmosphère ou de l'océan, fonte intentionnelle des glaces polaires, création de tremblements de terre et de tsunamis, réveils volcaniques, déviation de cours d'eau massives – toutes ces potentialités exhibent, au sein de la « guerre environnementale », un large pendant géophysique dans lequel la Terre est envisagée comme source d'une puissance de destruction sans commune mesure avec la majorité de l'arsenal alors disponible⁵⁰¹. A ce titre, la bombe atomique fait œuvre de déclencheur privilégié, comme l'illustre le projet de création d'un incendie capable de réduire en cendre près d'un million de kilomètres carrés suite à la détonation d'un engin nucléaire à 80 km d'altitude⁵⁰². Elle sert également d'étalon à l'aune duquel mesurer la puissance de destruction des grands phénomènes

⁴⁹⁹ J. D. HAMBLIN, *Arming mother nature*, *op. cit.*, p. 9

⁵⁰⁰ M. SERRES, *Le contrat naturel*, Paris, Flammarion, 2009

⁵⁰¹ Pour un rapide tour d'horizon de l'époque, on peut consulter F. BARNABY, « The Spread of the Capability to Do Violence: An Introduction to Environmental Warfare », *Ambio*, vol. 4, n° 5/6, 1975, p. 178-185 ; F. BARNABY, « Environmental Warfare », *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 32, n° 5, 1^{er} mai 1976, p. 36-43 ; STOCKHOLM INTERNATIONAL PEACE RESEARCH INSTITUTE, *Weapons of Mass Destruction and the Environment*, A. H. Westing (éd.), London, Taylor & Francis, 1977 ; STOCKHOLM INTERNATIONAL PEACE RESEARCH INSTITUTE, *Environmental Warfare : a Technical, Legal, and Policy Appraisal*, A. H. Westing (éd.), London and Philadelphia, Taylor & Francis, 1984.

⁵⁰² J. D. HAMBLIN, *Arming mother nature*, *op. cit.*, p. 130-145

naturels. Ainsi estime-t-on que l'énergie émise par un simple orage est équivalente à celle d'une bombe atomique de 20 kilotonnes, alors que celle d'un grand ouragan s'élève à 400 bombes à hydrogène de 20 mégatonnes⁵⁰³.

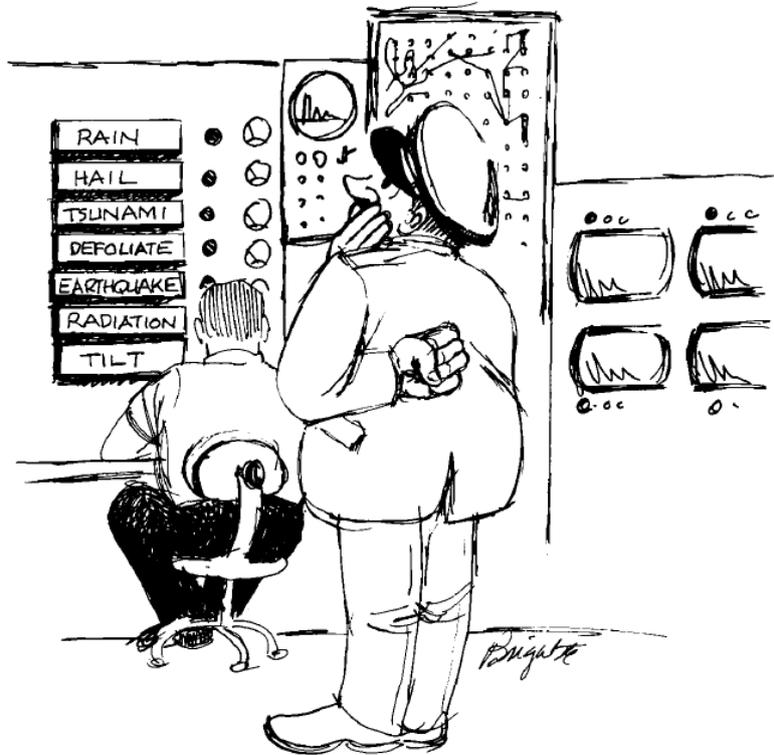


Figure 16 – Caricature extraite du Bulletin of the Atomic Scientists de 1975⁵⁰⁴. En plus de la présence des ordinateurs, le dessin révèle l'imaginaire de la salle d'opération, plaçant l'acteur militaire devant le choix de la bonne opérativité terrestre. L'ingénieur-scientifique, comme opérateur, attend patiemment le commandement pour lui-même actionner la bonne commande. Ici représentée sous sa forme la plus élémentaire, à côté d'écrans rappelant la présence d'un régime scopique de la Terre, la simplicité du bouton de commande cache un réseau technoscientifique complexe dont témoigne l'opérateur représenté en ingénieur-scientifique, et non pas manutentionnaire, militaire ou technicien.

Les « armes géophysiques », qui sont un sujet de réflexion pour les armées depuis les années 1950, connaissent une publicisation importante au tournant des années 1960, et particulièrement durant les années 1970 à la fin desquelles est adoptée la convention ENMOD (Environmental Modification Convention, 1976), portant sur l'emploi de techniques de modifications environnementales à portée militaire. Comme le rappelle un acteur de l'époque, le géologue à l'Université de Californie et conseiller scientifique du président Johnson et

⁵⁰³ J. R. FLEMING, *Fixing the sky*, op. cit., p. 170. 1 kilotonne correspond à l'énergie dégagée par l'explosion de 1000 tonnes de TNT.

⁵⁰⁴ F. BARNABY, « Environmental Warfare », op. cit., p. 40

membre du JASON group, Gordon MacDonald, l'imaginaire de la guerre environnementale est à la mesure des savoirs de la Terre disponibles, offrant autant de prises que possible pour l'agir guerrier :

La clé de la guerre géophysique est l'identification d'instabilités environnementales auxquelles l'addition d'une faible quantité d'énergie libèrerait de plus grandes quantités d'énergie. L'instabilité environnementale est une situation dans laquelle la nature a emmagasiné de l'énergie dans une partie déterminée du sol ou de ses alentours, en quantité bien plus importante que d'ordinaire. Afin de déclencher cette instabilité, l'énergie requise pourrait être introduite violemment par des explosions ou lentement par des petits morceaux de matières capables de provoquer des changements rapides en agissant comme des agents catalytiques ou de nucléation. Le mécanisme de stockage de l'énergie peut être l'accumulation de contrainte sur des centaines de millions d'années dans la croûte terrestre, ou le refroidissement drastique de la vapeur d'eau atmosphérique par des courants ascendants dont la durée serait de quelques dizaines de minutes. Le relâchement d'une telle énergie produirait des effets à l'échelle du globe, comme dans le cas d'une altération du climat, ou à l'échelle régionale, comme dans le cas de séismes localement stimulés ou de précipitations augmentées⁵⁰⁵.

Parallèlement à ces projets s'inscrivant dans l'imaginaire de la guerre environnementale, l'opérativité terrestre connaît un versant civil. On imagine agir *sur* le milieu Terre dans le but d'en améliorer l'habitabilité. Il s'agit non seulement d'aménagement du territoire, mais, d'une certaine manière, de *terraformation sur Terre*, comprenant ainsi la climatisation terrestre. A ce titre, sont éloquentes les travaux d'un acteur de l'époque, qui fut à la fois physicien britannique au Atomic Weapons Research Establishment et directeur de l'Institut international de recherche sur la paix de Stockholm (Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI)) entre 1971 et 1981. Frank Barnaby publie au cours de cette décennie plusieurs travaux préparant le terrain à la convention ENMOD. A côté de ses écrits portant sur la prolifération nucléaire, il établit une cartographie des techniques de guerre environnementale disponibles et alerte sur leurs dangers⁵⁰⁶. Cependant, il est intéressant de noter que ce travail s'accompagne aussi d'un effort de *traduction* des techniques de guerre évoquées précédemment en *technologies civiles*, usages de « temps de paix ». Ainsi, l'engendrement et la déviation des ouragans peut servir à la « dispersion et la déviation de dangereux orages », l'injection de matériaux radioactifs dans l'environnement peut tout autant servir à tracer les courants océaniques, les techniques sismiques peuvent être bénéfiques si elles libèrent des contraintes par anticipation⁵⁰⁷. Si Barnaby reste nuancé sur ces usages, son effort de traduction montre que

⁵⁰⁵ G. J. F. MACDONALD, « How to Wreck the Environment », dans N. Calder (éd.), *Unless Peace Comes: A Scientific Forecast of New Weapons*, New York, Viking Press, 1968, p. 183

⁵⁰⁶ F. BARNABY, « The Spread of the Capability to Do Violence », *op. cit.*

⁵⁰⁷ F. BARNABY, « Environmental Warfare », *op. cit.*

l'opérativité terrestre n'est pas seulement le fait d'un agir militaire, mais qu'un imaginaire civil qui lui est plus ou moins concomitant.

En effet, très tôt, l'atome se révèle aussi comme un outil d'aménagement et de modification de la Terre. Dès les lendemains de la Seconde Guerre mondiale, le scientifique Julian Huxley évoque publiquement les éventuels bénéfices de l'arme atomique : sa puissance serait telle que l'on pourrait modifier la calotte polaire pour rendre les climats plus favorables, ou modifier les paysages. De tels projets ne restent pas nécessairement lettre morte. Un cas connu est celui du projet Plowshare, dont l'objectif est de développer des techniques de modification géologiques pour le génie civil. Lancé en 1957 par les Etats-Unis qui lui attribuent dès cette époque un budget important de 45 millions de dollars, ce projet se concrétise en une série d'explosions nucléaires et de mesures, débouchant notamment sur une caractérologie des cratères laissés par les bombes, ces derniers pouvant aller jusqu'à plus de 360 mètres de rayon et 90 mètres de profondeur et déplacer environ 12 millions de tonnes de terre⁵⁰⁸. Plowshare offre un terrain d'expérimentation concrète pour des plans d'une ambition certaine : entre ouverture de vastes axes routiers, excavation de ports entiers ou évidement d'un futur second Canal du Panama (par l'explosion de 250 charges nucléaires)⁵⁰⁹. D'une durée de 16 ans, celui-ci est inspiré et porté en partie par Teller, qui caractérise le Projet Plowshare ainsi : « La capacité de déplacer d'immenses quantités de terres et de roches par des explosions nucléaires – et ce à un faible coût – ouvre une discipline aussi nouvelle qu'importante : l'ingénierie géographique. Nous changerons la surface de la Terre à notre convenance⁵¹⁰. »

L'océanographe et météorologue Athelstan Spilhaus, membre de la Woods Hole Oceanographic Institution, déclare au milieu des années 1950 que l'horizon d'un contrôle climatique permettrait de résoudre les difficultés hydriques et rendrait fertiles de nombreuses terres. Pour celui qui participe à une mission secrète de localisation sismologique des essais nucléaires pour le compte de l'Air Force⁵¹¹, l'enjeu est alors de viser un « contrôle total de l'eau », et en particulier de son cycle, ce qui passe par des formes d'opération d'aménagement gigantesques dont le statut dépasse le génie civil. Spilhaus évoque les « géotechnologies », entreprenant des « projets d'ingénierie à l'échelle mondiale », qui dénote un changement de

⁵⁰⁸ G. W. JOHNSON et G. H. HIGGINS, « Engineering Applications of Nuclear Explosives: Project Plowshare », *Reviews of Geophysics*, vol. 3, n° 3, 1965, p. 365-385

⁵⁰⁹ D. COSGROVE, « Introduction: Project Plowshare », *Ecumene*, vol. 5, n° 3, SAGE Publications, 1^{er} juillet 1998, p. 263-266

⁵¹⁰ E. TELLER et A. BROWN, *The Legacy of Hiroshima*, Westport (Conn.), Greenwood Press, 1975, p. 84, cité dans S. KIRSCH, « Experiments in Progress: Edward Teller's Controversial Geographies », *Ecumene*, vol. 5, n° 3, SAGE Publications, 1^{er} juillet 1998, p. 270

⁵¹¹ J. D. HAMBLIN, *Arming mother nature*, *op. cit.*, p. 108

nature : l'enjeu n'est pas seulement d'opérer sur un espace d'occupation, mais d'agir sur un espace de distribution des éléments (ici, l'eau et l'air) autant que d'autres propriétés (bilan énergétique) se rapportant à la Terre. Et Spilhaus de lier le projet de contrôle terrestre à une entreprise de connaissance à l'échelle idoine : « Nous devrions construire un réseau global d'observation des mers et de l'air. Nous devrions aider les institutions où des scientifiques de différentes disciplines pourraient combiner leurs efforts afin de comprendre l'océan et l'atmosphère. Nous devrions ajouter à ce groupe des ingénieurs afin de penser et d'élaborer les prémices de leur contrôle⁵¹². » Ces propos rejoignent ceux de von Neumann, qui, dans son fameux article publié dans *Fortune* en 1955, décrit une poignée de techniques qui devraient selon lui de bouleverser le monde. Figurant parmi celles-ci, la manipulation climatique semble à la fois atteignable par les capacités de prédictions qu'il entrevoit von Neumann dans son présent et sous bien des aspects souhaitables : « Quel pouvoir sur notre environnement, sur toute la nature, est ainsi impliqué !⁵¹³ »

Dans les décennies qui suivent, de part et d'autre du Rideau de fer, les projections de modification de la Terre sont investies et explorées dans l'espace public. Elles comportent des spéculations allant de la fonte des océans arctiques à la création d'immenses lacs au centre de l'Afrique en passant par la modification de massifs montagneux et témoignant parfois d'une véritable prise en compte des interactions géophysiques⁵¹⁴. Dans la culture populaire, et en particulier dans la science-fiction, la terraformation – partie de ce qu'on pourrait nommer la « géotechnologie » – devient un *topos* important qui connaît une vaste circulation dans les années 1960 et 1970⁵¹⁵.

8.3 Conclusion

On peut ainsi distinguer, avant les années 1980, un ensemble de pratiques discursives qui, dans le même geste, caractérisent la Terre comme objet de savoir, d'expérimentation et d'action. Pensée comme milieu, la planète est rendue commensurable aux actions humaines et l'on peut dire qu'on a affaire à une autre manière de caractériser l'action géologique de l'humanité. Cette action n'est pas envisagée dans son rapport à l'histoire de la Terre ou dans son rapport aux traces qu'elles seraient susceptibles de produire. Elle se révèle plutôt comme

⁵¹² A. F. SPILHAUS, « Sea and Air Resources », *op. cit.*

⁵¹³ J. VON NEUMANN, « Can We Survive Technology ? », dans F. Brody et T. Vamos (éd.), *The Neumann Compendium*, Singapore ; River Edge (NJ), World Scientific Publishing, 1955, p. 668

⁵¹⁴ J. R. FLEMING, *Fixing the sky*, *op. cit.*, p. 190-203

⁵¹⁵ C. PAK, *Terraforming: Ecopolitical Transformations and Environmentalism in Science Fiction*, Liverpool, Liverpool University Press, 2016

manière d’opérer dans et sur la Terre, comme géo-opérationnalité et géo-opérativité, dans un moment où la définition même de cette entité est profondément remaniée à partir des années 1950 à l’aune d’un développement institutionnel, réticulaire et technologique sans précédent – mais aussi à l’aune d’un ensemble de besoins pratiques précis. Au nouveau *géo* répond un nouveau registre de discours sur *l’action* ; dès l’âge de l’atome, l’humanité – du moins, sa composante industrielle du Nord – est représentée comme un acteur géologique.

Images globales, régime total

En médecine, ce qui arrête cette espèce de recul ou de conversion du signifié en signifiant, c'est la pratique médicale, c'est le fait que le signifié, étant saisi en tant que nom de la maladie, on convertit dès lors le système sémiologique en problème de thérapeutique, on essaie de guérir la maladie et, par conséquent, à ce moment-là, on échappe à cette espèce de circuit vertigineux du signifiant et du signifié, par l'opérateur, par l'intrusion de l'opérateur qui est une sortie hors du sens. En linguistique, c'est la même chose ; dans un dictionnaire, chaque signifiant est défini par d'autres signifiants, c'est-à-dire qu'un mot est défini par d'autres mots ; mais, si l'on veut définir ces autres mots, il faut encore recourir à d'autres mots, et l'on ne peut jamais arrêter le circuit du signifiant et du signifié ; théoriquement, systématiquement, un dictionnaire est un objet impossible, c'est un objet vertigineux et en quelque sorte démoniaque. Pourtant les dictionnaires sont utiles et sont maniables, parce que précisément, à un certain moment, nous arrêtons ce procès infini par intrusion de l'opérateur, c'est-à-dire que simplement nous nous arrêtons à une définition et nous en servons pour des tâches de type pratique ou opératoire⁵¹⁶.

— Roland Barthes, 1972

Faut-il considérer les discours sur la guerre environnementale comme de simples « fantasmes rationalistes de contrôle moderniste »⁵¹⁷ ? Tout comme dans la partie précédente, il nous semble que ce serait là une façon de ne pas les prendre au sérieux. Or nous avons au contraire à *faire un effort de réalisation* de ces « fantasmes », afin de ne pas sous-estimer leur importance historique, et donc narrative, pour le présent. Tout d'abord, comme nous l'avons

⁵¹⁶ R. BARTHES, « Sémiologie et médecine », *op. cit.*, p. 281

⁵¹⁷ Ainsi sont-ils qualifiés par exemple dans K. YUSOFF, « The Geoengine: Geoengineering and the Geopolitics of Planetary Modification » : *Environment and Planning A*, vol. 45, n° 12, 1^{er} décembre 2013, p. 2802

déjà remarqué, l'opérationnalité et l'opérativité terrestres sont bien des discours et des pratiques formulés, investis et portés par des acteurs du dispositif de géo-savoir qui émerge après la Seconde Guerre mondiale. La *virtualité* récurrente de ces discours traduit des possibles consubstantiels à l'avènement des réseaux d'armement et de surveillance planétaires, tout en n'étant des possibles qu'au sein des positivités qui sont formulées dans ces réseaux. Le « fantasme » géo-technique s'énonce dans un espace de contrôle du dispositif de géo-savoir, qui est aussi un espace de contrôle disciplinaire des énoncés.

D'autre part, on peut légitimement s'interroger sur la relation de cet ensemble d'énoncés et de pratiques avec ce qui leur succède. En effet, l'historiographie montre que les décennies 1960 et 1970 sont un moment charnière : au sein de la plupart des savoirs de l'environnement global, un intérêt pour la description des conséquences de l'action humaine sur le globe s'accroît progressivement⁵¹⁸. La montée des mouvements environnementaux, la traduction par les instances étatiques des questions environnementales (la plupart des agences nationales, ou ministères environnementaux sont créés au début des années 1970) et l'émergence publique des grandes questions écologiques (pluies acides, crise de la biodiversité, guerre nucléaire, perturbation de la couche d'ozone, changement climatique, conséquences sanitaires des pollutions, etc.) sont des facteurs qui, tous liés les uns aux autres, participent sans aucun doute de ce processus, quoique de manière non-synchrone. Ainsi serait-on enclin à estimer que nous avons affaire à un changement de paradigme, de manière de se saisir, au niveau des collectifs politiques et épistémiques, de l'objet de savoir-pouvoir « Terre ». Cependant, il s'agit pour nous de faire valoir une certaine manière d'appréhender ce changement, cette mutation. Plutôt que de poser une disjonction entre le domaine du fantasme militaro-technique et une phase de souci de la Terre, comme un souci du réel, dont le commencement serait concomitant au reflux du premier, nous pouvons formuler l'exigence d'une énigme : si ces « fantasmes » ne se sont pas évanouis dans l'incommensurable, quel rôle historique ou généalogique leur conférer ? Dans ce chapitre, nous mettons en évidence l'invention des dispositifs signalétiques de la Terre à travers les institutions internationales qui les instaurent et les portent en nous focalisant principalement sur la manière dont l'ICSU (International Council of Scientific Unions) fonctionne comme plateforme d'invention

⁵¹⁸ Ce sur quoi s'accorde une part importante des ouvrages cités : J. D. HAMBLIN, *Oceanographers and the cold war*, *op. cit.* ; R. E. DOEL, « Quelle place pour les sciences de l'environnement physique dans l'histoire environnementale ? », *op. cit.* ; Y. MAHRANE, « L'écologie. Connaître et gouverner la nature », dans D. Pestre et C. Bonneuil (éd.), *Histoire des sciences et des savoirs : Le siècle des technosciences*, Paris, Seuil, 2015, vol. 3/3, p. 275-296 ; S. GREVSMÜHL, *La terre vue d'en haut : l'invention de l'environnement global*, *op. cit.* ; Helen. M. ROZWADOWSKI, *Vast Expanses: A History of the Oceans*, London, Reaktion books, 2018 ; S. WEARTH, *The Discovery of Global Warming*, *op. cit.*

institutionnelle d'un certain régime scopique global.

9.1 L'année géophysique internationale

Adossé à la volonté de savoir pour agir, un ensemble d'institutions scientifiques portant sur l'objet Terre comme environnement connaissable dans sa globalité s'instaure. Une étape cruciale de leur avènement est l'effort correspondant à l'Année géophysique internationale (AGI) en 1957. Pour de nombreux récits scientifiques, l'Année constitue une sorte de piste de lancement des sciences de la Terre ; le point d'entrée dans un nouvel âge de maturité de ces savoirs qui déboucherait quelques décennies plus tard sur les grands programmes tels que l'IGBP, dont nous verrons dans un prochain chapitre l'importance pour l'émergence du « système Terre ». Ainsi, Thomas F. Malone, acteur central des programmes scientifiques internationaux entre les années 1960 et 1980, estime-t-il que l'Année géophysique internationale « [...] a rassemblé des physiciens provenant de nombreux endroits du globe et a permis d'approfondir la compréhension des aspects physiques de la maison planétaire de l'espèce humaine, et le Programme biologique international s'est chargé des aspects biologiques. » Selon Malone, l'IGBP présenterait ainsi une synthèse entre les sciences biologiques et physiques⁵¹⁹.

Se déroulant entre le 1^{er} juillet 1957 et la fin de l'année 1958, l'Année géophysique internationale est connue pour être à la fois le point de départ de la course vers l'occupation spatiale⁵²⁰ et l'année de création de la NASA. Mais surtout, c'est en grande partie de cet événement que naissent les efforts nationaux et internationaux pour la collecte de données et l'établissement de réseaux d'observation en temps réel de la Terre⁵²¹. Si la question de la transmission des ondes radio oriente fortement la recherche à ce moment, notamment par l'exploration de l'ionosphère, c'est aussi à cette occasion que des financements sont alloués à l'observatoire de Mauna Loa afin de mesurer les concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, sur les conseils de Roger Revelle. Océanologue et acteur important des organisations de recherche internationales, celui-ci suspecte alors que les émissions de gaz à

⁵¹⁹ T. F. MALONE, « How it all began », *Global Change: IGBP Newsletter*, n° 18, juin 1994, p. 8 ; S. P. SEITZINGER *et al.*, « International Geosphere–Biosphere Programme and Earth System Science: Three Decades of Co-Evolution », *Anthropocene*, vol. 12, 1^{er} décembre 2015, p. 3-16 ; O. UHRQVIST et E. LÖVBRAND, « Seeing and Knowing the Earth as a System », *op. cit.*

⁵²⁰ Mais il s'agit d'une contingence historique : l'URSS vient de réussir le lancement de *Sputnik* et les Etats-Unis d'Amérique échouent dans leur programme Vanguard. J. R. FLEMING, *Historical Perspectives on Climate Change*, *op. cit.*, p. 119

⁵²¹ E. M. CONWAY, *Atmospheric Science at NASA: A History*, *op. cit.*, p. 11

effet de serre pourraient atteindre des « dimensions géochimiques »⁵²². Un autre héritage important, aux côtés de la courbe de Keeling et de la course spatiale, est l'établissement d'infrastructures de recherche permanentes en Antarctique⁵²³.

L'idée d'un tel processus institutionnel germe au tournant des années 1940 au sein de l'administration scientifique étasunienne, dont l'objectif est d'obtenir des informations sur l'atmosphère à l'aide de missiles V2, technologie nazie récupérée par l'Etat états-unien au sortir de la Seconde Guerre mondiale. Certains membres de cette équipe militent pour la création d'une Année géophysique internationale, dans la continuité des Années polaires de 1882-1883 et de 1932-1933. Cet événement doit alors impliquer une série d'études explorant les milieux les plus variés de la Terre et mobilise au final presque soixante-dix nations et plus de 4000 bases de recherches⁵²⁴. Au total, les observations menées concernent des domaines spatialement très contrastés ; circulation atmosphérique, courants océaniques, ionosphère, champ magnétique solaire, rayonnements cosmique et solaire, cryosphère, gravité, radiations nucléaires, géodésie⁵²⁵. Bien entendu, l'Année géophysique internationale est également un moment hautement politique et la compétition spatiale, qui s'intensifie largement à partir du lancement réussi de Spoutnik 1 par l'URSS le 4 octobre 1957, en est un symptôme. Ainsi, le récit d'une aventure de coopération scientifique internationale exemplaire, impliquant même les deux blocs rivaux, doit toujours être contrebalancé par une attention à la nature profondément agonistique des puissances cherchant à se surpasser les unes les autres tant du point de vue de la compétence logistique et militaire que scientifique⁵²⁶ – cette compétition pouvant très concrètement s'articuler à une lutte territoriale comme ce fut le cas pour l'Antarctique⁵²⁷.

Enfin, notons un fait symptomatique important. Comme précédemment indiqué, l'Année géophysique internationale est initialement envisagée comme la troisième Année

⁵²² J. R. FLEMING, *Historical Perspectives on Climate Change*, *op. cit.*, p. 126

⁵²³ E. M. CONWAY, « The International Geophysical Year and Planetary Science », dans R. D. Launius, J. R. Fleming et D. H. DeVorkin (éd.), *Globalizing polar science: reconsidering the International Polar and Geophysical years*, New York, Palgrave Macmillan, coll. « Palgrave studies in the history of science and technology », 2010, p. 331-342

⁵²⁴ E. M. CONWAY, *Atmospheric Science at NASA: A History*, *op. cit.*, p. 17 ; N. C. GERSON, « From Polar Years to IGY », dans H. E. Landsberg et J. V. Mieghem (éd.), *Advances in Geophysics*, London ; New York, Academic Press, 1958, vol. 5, p. 1-52 ; S. CHAPMAN, « The International Geophysical Year », dans *The Planet Earth*, Oxford, Londres, Edinbourg, New York, Paris, Frankfurt, Pergamon Press, 1964, p. 9

⁵²⁵ S. CHAPMAN, « The International Geophysical Year », *op. cit.* ; F. GREENAWAY, *Science international*, *op. cit.*, p. 154

⁵²⁶ P. N. EDWARDS et C. MILLER (éd.), *Changing the Atmosphere: Expert Knowledge and Environmental Governance*, Cambridge, Mass., MIT Press, 2011 ; R. D. LAUNIUS, J. R. FLEMING et D. H. DEVORKIN, « Introduction: Rise of Global Scientific Inquiry in the International Polar and Geophysical Years », dans R. D. Launius, J. R. Fleming et D. H. DeVorkin (éd.), *Globalizing Polar Science: Reconsidering the International Polar and Geophysical years*, New York, Palgrave Macmillan, 2010, p. 1-9

⁵²⁷ A. HOWKINS, « Melting Empires? Climate Change and Politics in Antarctica since the International Geophysical Year », *Osiris*, vol. 26, n° 1, 1^{er} janvier 2011, p. 180-197

polaire internationale. En effet, les pôles constituaient alors des lieux privilégiés d'enquête et d'investissement collectifs car encore largement inconnus et d'une singulière hostilité pour des équipées modernes. Cependant, en raison du caractère indispensable des réseaux d'observation de l'Organisation météorologique mondiale (OMM, ou World Meteorological Organization (WMO)), mais aussi de l'implication d'autres associations scientifiques internationales, les pôles ne sont plus au centre de l'enquête, même pour l'étude de l'ionosphère ; la volonté collective de savoir s'étend bien au-delà. De manière générale, note l'historien Frank Greenaway, les pôles sont alors considérés comme parties prenantes de systèmes globaux : climatiques, magnétiques, océaniques, etc. Par conséquent, le terme de « géophysique », entendu au sens le plus large, ou celui de « système physique unitaire »⁵²⁸ semble mieux convenir pour les acteurs de l'époque que celui de « polaire »⁵²⁹. Cette conception de la Terre comme un objet total, qui doit être conquis en repoussant toujours plus loin les frontières du connu, se retrouve également dans les critères de sélection des projets à mettre en œuvre au cours de l'année, établis en septembre 1954 à Rome : ces derniers doivent mobiliser de nombreuses « observations synoptiques » depuis des « régions relativement inaccessibles de la Terre » qui ne pourraient être explorées sans le concours de multiples nations⁵³⁰. Par ce qu'elle instaure un certain style dans la façon dont est envisagée la recherche internationale par la suite, mais aussi parce qu'elle explicite l'exigence que la Terre réponde à la raison scientifique comme système total, l'Année semble une étape charnière dans l'histoire de l'environnement global.

En effet, l'AGI impulse non seulement la production d'un vaste ensemble de données, mais également l'intensification d'une tendance à ce que l'historien des sciences Paul Edwards a nommé le *globalisme* (*globalism*) dans les sciences. Les efforts du Conseil international pour la science (International Council of Scientific Unions ou ICSU pour la suite) pour coordonner l'Année géophysique internationale renforcent son statut international d'institution capable d'impulser des programmes de recherche globaux, d'assurer la continuité institutionnelle des Unions scientifiques et donc comme acteur prépondérant du globalisme⁵³¹. Ainsi plusieurs centaines d'organisations, allant du groupe de travail au programme de recherche, sont créées par lui ou travaillent en partenariat avec lui (Tableau 11). La réussite de l'Année offre également la possibilité pour le ICSU d'envisager d'autres champs de recherche comme candidats pour

⁵²⁸ Cité dans P. N. EDWARDS, *A vast machine, op. cit.*, p. 204

⁵²⁹ F. GREENAWAY, *Science internationale, op. cit.*, p. 151-152

⁵³⁰ *Ibid.*, p. 153-157

⁵³¹ F. GREENAWAY, *Science internationale, op. cit.*

« le même genre d'organisations de grande portée sur une grande échelle de temps⁵³². »

Acronyme	Nom	Création
FAGS	Federation of Astronomical and Geophysical Data Analysis Services	1956
SCOR	Scientific Committee on Oceanic Research	1957
COSPAR	Committee on Space Research	1958
COWAR	Committee on Water Research	1964
IBP	International Biology Programme	1964
SC-IBP	Scientific Committee on for the International Biological Programme	1964
CODATA	Committee on Data for S&T	1966
COSTED	Committee on S&T in Developing Countries	1966
GARP	Global Atmosphere Research Programme	1967
CTS	Committee on Teaching of Science	1968
	Panel on World Data Centres	1968
SCOPE	Scientific Committee on Problems of the Environment	1969
COGENE	Scientific Committee on Genetic Experimentation	1976
CASAFA	Scientific Committee on the Application of Science to Agriculture, Forestry and Aquaculture	1979
WCRP	World Climate Research Programme	1979
COBIOTECH	Scientific Committee for Biotechnology	1986
SC-IGBP	Scientific Committee for the International Geosphere-Biosphere Programme	1986
SC-IDNDR	Scientific Committee for the International Decade for Natural Disaster Reduction	1990
GOS	The Global Observing System (GCOS, GOOS, GTOS, with UN bodies)	1992-4

Tableau 11 – Principales organisations créées sous l'impulsion d'ICSU au cours de la seconde moitié du XXe siècle. L'ICSU compte seulement quatre organisations en 1960, 20 en 1972 et 39 en 1982⁵³³.

9.2 A la recherche de vues synoptiques

Entre les années 1950 et 1970, on peut parler de l'invention des environnements globaux, principalement à travers la création d'institutions consacrées à l'étude de l'atmosphère, des océans et de la biosphère. En effet, à travers COSPAR et SCAR, l'ICSU investit prioritairement l'espace, l'environnement global ne tarde pas à faire l'objet de programmes dédiés au cours des années 1960 et 1970, notamment à travers le Global Atmosphere Research Programme (GARP), l'International Biology Programme (IBP) et le Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR)⁵³⁴. Bien entendu, le caractère global des

⁵³² *Ibid.*, p. 156

⁵³³ *Ibid.*, p. 122

⁵³⁴ Pour les grandes institutions et événements nous transcrivons en français l'acronyme. Pour les

phénomènes météorologiques, climatiques, hydriques, géologiques, géochimiques, etc. est bien plus ancien – il n’y a pas d’invention de la notion ou de l’idée d’environnement global en tant que tel. Bien plutôt s’agit-il de considérer l’instauration de ces institutions comme création d’objets d’intérêt épistémiques partagés, dans les communautés respectives au niveau mondial. Ces trois programmes incarnent à la fois des styles de recherche et des objectifs différents mais croisés, tout en s’adressant à trois grands domaines de la Terre (atmosphère, hydrosphère et biosphère). Ils nous renseignent à ce titre sur la constitution de cet objet par les sciences internationales. Ainsi, il y a invention d’environnements globaux au sens où ces derniers deviennent en eux-mêmes sujet d’enquête pour des communautés fonctionnant elles-mêmes au niveau global (et participant du globalisme d’Edwards) et aussi au sens où ils sont spécifiés thématiquement et en partie disciplinairement.

On peut tout d’abord souligner la manière dont les différentes sphères sont envisagées non pas comme visée ou construction théorique que des relevés viendraient confirmer, mais comme domaines de la Terre qu’il s’agit de faire apparaître d’emblée dans leur totalité. C’est à partir d’images du globe que peuvent être ensuite pensés et mis à l’épreuve différents modèles, même s’il est vrai que la constitution de ces images elles-mêmes dépendent de préconceptions théoriques et de conditions instrumentales.

Dans le cas du GARP, lancé en 1967 sous l’impulsion de l’Organisation météorologique mondiale (WMO) et de l’ICSU, l’atmosphère est conçue comme un « système physique unitaire », auquel répond l’élaboration d’un ensemble de données météorologiques globales à travers un Global Observing System. Le programme se donne pour objectif de réaliser une image de ce « système » atmosphérique. Ainsi en est-il du plus important projet du GARP, le « Global Weather Experiment » (GWE)⁵³⁵. Si, en premier lieu, il paraît envisageable au sein du GARP de prévoir le temps à long terme (un mois), cet espoir est fortement contrarié durant les années 1970 par la complexité des phénomènes atmosphériques⁵³⁶. D’abord prévu pour 1974, puis 1976, le GWE a finalement lieu à la fin de l’année 1978. Comme on se résigne à ne point disposer du pouvoir de prédire le temps au-delà de cinq jours, il devient inutile de

programmes plus spécifiques comme GARP, IBP, SCOR, SCOPE, WCRP, IGBP et GOS, nous garderons la terminologie de langue anglaise pour davantage de commodité.

⁵³⁵ D’abord intitulé First GARP Global Experiment (FGGE), il est renommé ainsi car il devenait clair, le temps passant, qu’il n’y aurait qu’une seule expérimentation de la sorte. E. M. CONWAY, *Atmospheric Science at NASA: A History*, op. cit., p. 86.

⁵³⁶ Il s’agit d’un épisode bien connu de l’histoire de la modélisation numérique : la découverte en 1963 par le météorologiste au MIT Edward Lorenz des limites de la prédictibilité des systèmes non-linéaires engendrée par des variations de condition initiales des simulations numériques quantitativement inférieures aux marges d’erreur des mesures météorologiques. Ce n’est qu’au tournant des années 1970 que cet argument est admis par la communauté des simulateurs de l’atmosphère. E. N. LORENZ, « Deterministic Nonperiodic Flow », *Journal of the Atmospheric Sciences*, vol. 20, n° 2, mars 1963, p. 130-141.

prévoir une année complète de collecte : censé durer un an, le GWE est donc réduit à soixante jours. Malgré ce revers, la prévision météorologique semble répondre à des besoins concernant de grands domaines de la vie économique : à la fois utile pour la production agricole, l'anticipation du temps se révèle cruciale pour les domaines du transport aérien et maritime. Plus généralement, comme le professe un acteur de l'époque, le GARP est présenté dans la sphère publique comme relevant du double objectif de comprendre les phénomènes météorologiques et les aspects statistiques de circulation générale de l'atmosphère ce qui offre une meilleure compréhension des changements climatiques⁵³⁷.

Le GWE permet de réaliser un relevé météorologique le plus précis possible dans le but de tester les capacités computationnelles au service de la prévision météorologique. Reposant sur un ensemble complexe d'équipements auxquels contribuent près de 140 nations, incluant des ballons météorologiques et des avions équipés d'instruments de mesure, c'est surtout grâce à la couverture totale par satellites géostationnaires que le GWE abouti à la transmission en temps réel, aux centres météo nationaux de Washington, Moscou et Melbourne, de données prétraitées et réparties dans une grille d'espace-temps global ainsi que des données modélisées pouvant servir à la prévision météorologique⁵³⁸. Ces dispositifs, mais surtout le résultat de l'investissement organisationnel et infrastructurel, feront partie intégrante du système d'observation du World Weather Watch⁵³⁹. D'autres données, bien plus riches et plus fines sont par ailleurs transmises avec un délai important, ce qui permet au GARP de concevoir une perspective plus compréhensive de la circulation générale et le climat⁵⁴⁰.

Si le GARP constitue une fondation importante de la globalité atmosphérique, le programme Programme biologique international (International Biological Programme (IBP)) l'est pour le vivant. Déjà, les sciences biologiques avaient été impliquées, quoique de façon très minoritaire, à l'AGI, posant les prémisses de l'unification de l'environnement⁵⁴¹. Ratifié en 1964 par l'ICSU, le IBP est porteur du « *biome project* », le plus important projet effectué en

⁵³⁷ J. S. PERRY et T. H. R. O'NEILL, « The Global Atmospheric Research Program », *Reviews of Geophysics*, vol. 13, n° 3, 1975, p. 661 ; J. S. PERRY et T. H. R. O'NEILL, « The Global Atmospheric Research Program », *Reviews of Geophysics*, vol. 17, n° 7, 1979, p. 1753

⁵³⁸ P. N. EDWARDS, *A vast machine*, *op. cit.*, p. 249

⁵³⁹ E. M. CONWAY, *Atmospheric Science at NASA: A History*, *op. cit.*, p. 27

⁵⁴⁰ P. N. EDWARDS, *A vast machine*, *op. cit.*, p. 248-250.

⁵⁴¹ En effet, l'Arctique, qui est alors un enjeu géopolitique majeur, est un territoire stratégique où se mêlent les problématiques de sécurité nationale et les considérations scientifiques. Des projets en hydrobiologie, microbiologie marine et terrestre et en physiologie sont ainsi acceptés – durant les années qui suivent, alors que les fonds pour les programmes biologiques se poursuivent, il arrive même que le nombre de biologiste dépasse celui des autres disciplines. E. ARONOVA, K. S. BAKER et N. ORESKES, « Big Science and Big Data in Biology: From the International Geophysical Year through the International Biological Program to the Long Term Ecological Research (LTER) Network, 1957–Present », *Historical Studies in the Natural Sciences*, vol. 40, n° 2, mai 2010, p. 188-192.

son sein, accaparant à lui seul près des trois quarts de son budget total⁵⁴². Ce projet dépend largement de l'écologie systémique dont des acteurs, liés au Oak Ridge National Laboratory (ORNL), financé par la Commission pour l'Énergie Atomique états-unienne (Atomic Energy Commission (AEC)), façonne les objets et les modalités⁵⁴³. La notion d'écosystème apparaît au cours de la première moitié du XXe siècle avec les travaux d'Arthur Tansley, en opposition à la généralisation du terme d'organisme à des communautés végétales⁵⁴⁴. Cependant, l'écologie systémique renvoie plutôt aux travaux de Raymond Liendeman et de George E. Hutchinson, qui décrivent les écosystèmes comme structures où s'effectuent des flux d'énergie qu'il s'agit de mesurer. Fondé sur un paradigme thermodynamique et cybernétique, l'écologie systémique s'intéresse à la productivité, à l'efficacité et au rendement des écosystèmes. Elle assume son rôle qui consiste à fournir des outils analytiques, parmi lesquels des modèles numériques, permettant l'intervention humaine en vue de leur amélioration⁵⁴⁵. Savoir formel et mathématisé, cette écologie dépend largement du complexe militaro-industriel états-unien et de l'industrie nucléaire. Elle promeut une vision de la nature comme une « usine fordiste ». Caractérisés par des paramètres biologiques en vue d'un usage optimal, les modèles de population présentent une nature « [...] automatisée traversée par des intrants et des extrants d'énergie et de matière, organisée autour d'une chaîne de montage standardisée et une division spécialisée du travail [...] »⁵⁴⁶

Durant l'IBP, le but est d'élaborer des modèles numériques pour chaque biome, qui sont autant de vastes écosystèmes : toundra, prairie, désert, forêts. Ces modèles reposant sur une importante collecte de données allant de la production biologique brute à la topographie, en passant par la pédologie, les paramètres climatiques, etc. doivent ensuite servir d'outil pour la bonne gestion de ces biomes⁵⁴⁷. L'IBP est aussi le seul cas de l'histoire de l'écologie, avant les années 1980, où un projet appartenant à la biologie peut être caractérisé comme *big science* et représente du point de vue institutionnel un moment d'ascension pour l'écologie systémique, auparavant très minoritaire dans le champ de l'écologie⁵⁴⁸. Malgré les hautes ambitions affichées, aucune synthèse des résultats de l'IBP n'a été effectuée, pas plus qu'une standardisation claire des données, un dispositif de répartition des données dans des centres de

⁵⁴² C. KWA, « Representations of Nature Mediating Between Ecology and Science Policy: The Case of the International Biological Programme », *Social Studies of Science*, vol. 17, n° 3, août 1987, p. 216

⁵⁴³ E. ARONOVA, K. S. BAKER et N. ORESKES, « Big Science and Big Data in Biology », *op. cit.*, p. 208

⁵⁴⁴ J.-P. DELEAGE, *Une histoire de l'écologie*, *op. cit.*, p. 119-122

⁵⁴⁵ *Ibid.*, p. 123-143

⁵⁴⁶ Y. MAHRANE, « L'écologie. Connaître et gouverner la nature », *op. cit.*, p. 289

⁵⁴⁷ E. ARONOVA, K. S. BAKER et N. ORESKES, « Big Science and Big Data in Biology », *op. cit.*, p. 209

⁵⁴⁸ C. KWA, « Representations of Nature Mediating Between Ecology and Science Policy », *op. cit.*, p. 413, 418-420

sauvegarde, ou encore des résultats probants des efforts de modélisation. L'historienne Elena Aronova et ses collègues défendent cependant l'idée que, même s'il ne suit pas exactement le modèle de l'Année, l'IBP réussit néanmoins à en réaliser un aspect : la légitimation de la construction de données synoptiques en biologie pour l'obtention d'images globales de la distribution des vivants⁵⁴⁹.

Quoique l'étude des océans jouisse d'un moindre investissement institutionnel, l'histoire de réseaux de recherche internationaux en océanographie est également liée à celle de l'Année géophysique internationale. Elle fonctionne en effet comme laboratoire de mise en œuvre de standards de mesure et coordination dans le but d'une vision synoptique des phénomènes océanologiques⁵⁵⁰. A la suite de l'AGI, sont fondés plusieurs organes internationaux d'océanographie, en particulier le Scientific Committee for Ocean Research de l'ICSU (SCOR) en 1957. Roger Revelle, qui en devient le premier directeur, adopte une stratégie qui diffère de celle qui consistait à fabriquer un accord commun à partir de la définition des questions de recherche : il faut promouvoir les activités océanographiques pour leur vocation sociétale et de définir très largement des grandes questions de recherche. En 1971, le SCOR lance avec d'autres institutions, notamment l'Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC), un vaste programme d'océanographie d'une dizaine d'année : la Décennie Internationale de l'exploration océanique (International Decade on Ocean Exploration (IDOE))⁵⁵¹.

⁵⁴⁹ E. ARONOVA, K. S. BAKER et N. ORESKES, « Big Science and Big Data in Biology », *op. cit.*, p. 216-217. L'IBP a également abouti à la création d'un nouveau mode dont l'écologie contemporaine hérite à travers le réseau *Long term ecological research* (LTER Network), par la survivance du sous-programme *Analysis for ecosystem*, prolongé après 1974

⁵⁵⁰ J. D. HAMBLIN, *Oceanographers and the cold war*, *op. cit.*, p. 59-67. Il existe des projets de collaboration en vue de produire une étude « synoptique » des océans avant 1957 (TRANSPAC, NORPAC), mais l'Année est alors une opportunité de les porter à une échelle supérieure dans la même continuité. Pour l'AGI, les océanographes mettent en place des World Days : il s'agit de conduire en même temps, dans un nombre déterminé de stations, les mêmes observations. Le plus important projet effectué dans ce sens est l'Island Observatory Project, qui se propose de mesurer les marées, afin d'établir un lien entre la circulation océanique et les variations du niveau des océans. D'autres relevés sur les courants profonds, les failles et la propagation acoustique sont réalisées. *Ibid.*, p. 74-79

⁵⁵¹ Ce programme, sous le patronage de l'IOC, reçoit le nom de LEPOR pour *Long term and expanded programme for oceanic exploration and research*.

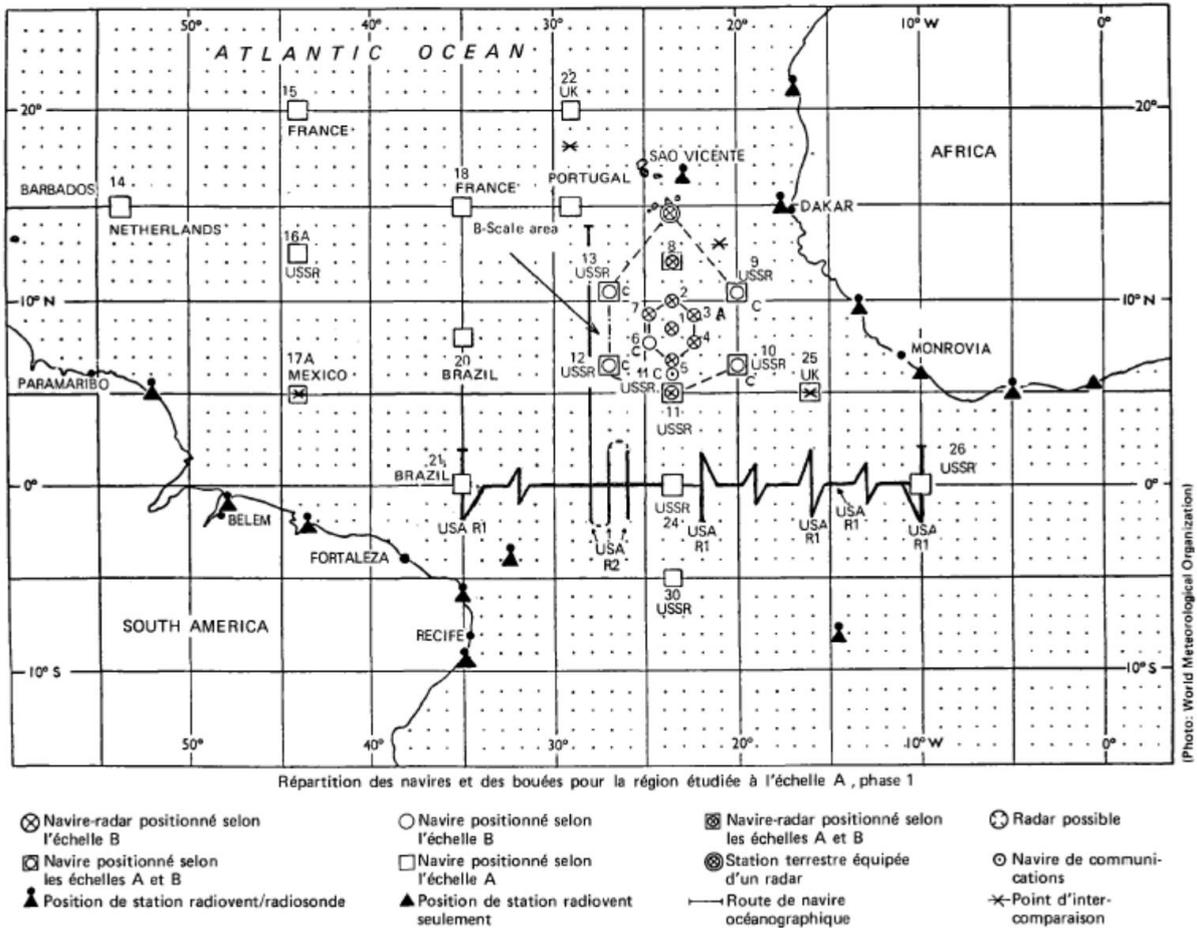


Figure 17 – Cartographie du sous-programme intitulé « La Décennie internationale de l'exploration océanique » (IDOE)⁵⁵².

Le cas du SCOR et de l'IDOE est intéressant puisque les moyens dont disposent les océanologues ne leur permettent alors pas de concevoir d'images synoptiques du globe. En réalité, il s'agit également d'un état institutionnel de la discipline puisque l'IDOE est conçu davantage comme un cadre scientifique général que comme un programme *per se*. Il s'agit de se concentrer sur des régions singulières, et en priorité les tropiques où se déroulent des phénomènes de convection à quantifier afin de comprendre les transports de chaleur à l'échelle du globe. Ainsi, il y a bien une montée en échelle pour laquelle coopèrent différentes nations mais elle s'en trouve réduite au domaine régional, comme le montre le versant océanique du GATE (GARP Atlantic Tropical Experiment) réalisé dans le cadre de l'IDOE (Figure 17). La visée synoptique est rendue possible dans le croisement des techniques entre satellites, avions,

⁵⁵² COMMISSION OcéANOGRAPHIQUE INTERGOUVERNEMENTALE, *La Décennie internationale de l'exploration océanique (DIEO) 1971-1980*, UNESCO, 1975, p. 26

radars, navires et bouées⁵⁵³.

Au final, les grands programmes des sciences de la Terre diffèrent dans leurs arrangements organisationnels mais se révèlent déterminants pour les programmes qui suivront. En effet, à la fin de son existence, le GARP déploie un fonctionnement qui est adopté par la suite avec ses successeurs, le World Climate Research Programme (WCRP) et l'International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP), dont il sera question plus loin. Un groupe de planification (*planing committee*) constitué d'un panel de scientifiques multinational conçoit un programme qui sera par la suite piloté par un autre comité de pilotage (*steering committee*). En consultation itérative, les scientifiques appartenant aux pays participants établissent ainsi un programme de recherche international dans lequel « les nations pourraient déployer leurs coûteux équipements et personnels afin de maximiser leurs avantages⁵⁵⁴. » Ce mode de pilotage contraste certes avec celui de l'IBP. Impliquant plus de 2000 projets répartis dans 43 pays, il donne lieu à 200 rencontres internationales et 24 manuels⁵⁵⁵, ce dernier faisant preuve d'une moindre verticalité et d'un financement bien moins conséquent. Il hérite cependant bien de l'Année par sa structure organisationnelle avec une prépondérance décisionnaire d'arènes constituées internationalement, répondant à un fonctionnement centralisé et impliquant diverses institutions autour d'échanges de données standardisées et de coopération opérationnelle⁵⁵⁶.

Concernant l'océanologie, nous avons déjà évoqué le cadre programmatique plus délié de l'IDOE. Déjà, durant l'AGI, les projets se réalisent en ordre dispersé et une partie conséquente de l'activité océanographique s'effectue de manière officieuse : les universités et les laboratoires (surtout Scripps, Lamont et Woods Hole) produisent leurs propres mesures⁵⁵⁷. Durant les années 1960 et 1970, des méfiances persistent dans cette discipline quant à la centralisation de l'organisation de la recherche et des conséquences qu'elle pourrait avoir sur les initiatives nationales. Mais surtout, quoique SCOR tienne un rôle central dans la communauté internationale d'océanographie, il dispose de ressources très limitées. C'est pourquoi SCOR se contente surtout d'une aide de coordination logistique et d'échange de techniques et de données, même s'il référence la création de 93 petits groupes de travail (constitués de moins d'une dizaine de personnes) entre sa création et 1990⁵⁵⁸. L'organe

⁵⁵³ *Ibid.*, p. 25

⁵⁵⁴ F. GREENAWAY, *Science internationale*, *op. cit.*, p. 215

⁵⁵⁵ Y. MAHRANE, « L'écologie. Connaître et gouverner la nature », *op. cit.*, p. 286

⁵⁵⁶ E. ARONOVA, K. S. BAKER et N. ORESKES, « Big Science and Big Data in Biology », *op. cit.*, p. 197-

199

⁵⁵⁷ J. D. HAMBLIN, *Oceanographers and the cold war*, *op. cit.*, p. 74-79

⁵⁵⁸ SCOR, « Past SCOR Working Groups – Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR) », s. d. (en ligne : <https://scor-int.org/work/groups/past/> ; consulté le 18 septembre 2019)

conserve bien un rôle de conseil scientifique dans la conception des projets internationaux, mais très vite les laisse voguer sur leurs propres eaux et ce jusqu'aujourd'hui⁵⁵⁹. On peut toutefois affirmer que le modèle de GARP prévaut par la suite, quoiqu'il soit partiellement transformé durant les années 1980.

Ainsi, à travers l'AGI et les grands programmes internationaux qui s'inspirent de son modèle, la Terre devient l'objet d'un vaste investissement de recherche dont l'une des visées centrales est la confection d'images *globales, mais non pas totales*. En effet, elles ont pour objet la construction de représentations globales de la Terre par des chaînes de référence connectées de telle sorte à exhiber des phénomènes dont l'échelle peut être dite globale. Néanmoins ces images ne représentent pas la Terre comme objet total, au sens où même une vue par satellite de la distribution globale des températures de surface ne donne pas à voir une totalité, comme pourrait le faire la photographie. Si dans ce dernier cas il n'y a pas de totalité absolue, impliquant tous les phénomènes – ce qui par ailleurs serait impossible – il y a bien totalité au sens où elle revoie à une représentation holistique de la Terre. La Terre est représentée comme un tout, aisément détachable de ses conditions de production et capable de circuler beaucoup plus rapidement et loin que d'autres types de représentation, comme des relevés télémétriques, par exemple⁵⁶⁰. Ainsi en est-il de la fameuse image de la « bille bleue » (*blue marble*), réalisée dans le cadre du programme spatial états-unien en 1972 par la mission Appolo 17. Cette dernière a été considérée comme un symbole très important du mouvement écologiste et plus largement comme une icône culturelle illustrant la fragilité écologique du milieu humain qu'est la planète en tant que tout⁵⁶¹.

⁵⁵⁹ J. D. HAMBLIN, *Oceanographers and the cold war*, *op. cit.*, p. 113-116 ; E. GROSS et T. HEALY, « SCOR: What Is It and What Does It Do? », *Oceanography*, vol. 8, n° 3, 1995, p. 114-114. Pour pallier à ce manque, l'UNESCO créé en 1960 l'*Intergouvernemental Oceanic Commission*.

⁵⁶⁰ Sur la construction des chaînes de références et la circulation des signes, voir B. LATOUR, « Sol amazonien et circulation de la référence », *op. cit.*

⁵⁶¹ S. JASANOFF, « The Formation of Global Environmental Consciousness », dans C. A. Miller et P. N. Edwards (éd.), *Changing the Atmosphere: Expert Knowledge and Environmental Governance*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 2001, p. 309-338 ; C. P. COSGROVE, *Apollo's Eye: A Cartographic Genealogy of the Earth in the Western Imagination*, Baltimore, JHUP, 2003 ; S. GREVSMÜHL, *La terre vue d'en haut : l'invention de l'environnement global*, *op. cit.*. Comme nous le verrons plus loin, la terre Totale, n'est seulement objet de soin, elle est aussi objet d'approches technocratiques orientées vers la maîtrise de l'environnement global, considéré comme un tout.

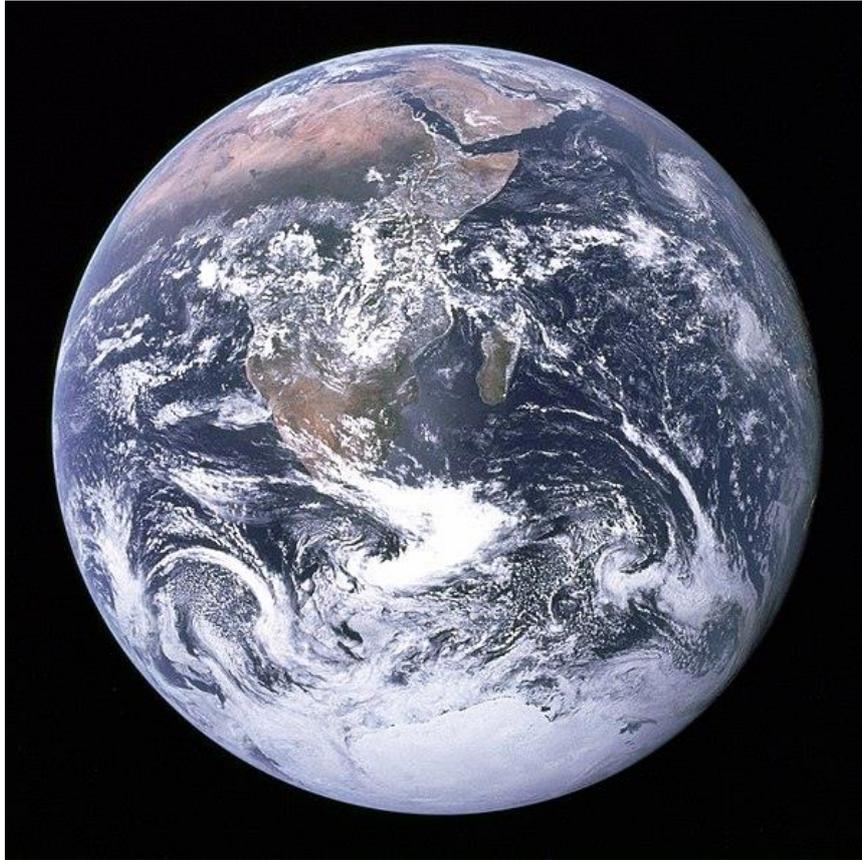


Figure 18 – « La bille bleue » (The Blue Marble). Photographie prise lors du voyage vers la Lune lors de la mission Appolo 17, le 17 décembre 1972⁵⁶².

Mais sa production engage également de très nombreux acteurs et signe la croissance de vastes réseaux matériels rendant possible une approche de la spatialité terrestre où priment les ensembles de données les plus complets possibles. La « bille bleue » se singularise historiquement comme première image de la face intégralement éclairée de la Terre, tout comme conséquence du programme spatial états-unien sur l’imaginaire des sociétés du Nord. Elle est à la fois produit et signe d’un déploiement sans précédent des réseaux constituant un horizon de référence pour tout énoncé se rapportant à la Terre après la Seconde Guerre mondiale. Cependant, elle possède aussi une parenté avec un autre effort de mise en visibilité. Image d’un milieu fragile, elle ne renvoie plus seulement aux représentations cartographiques ou cosmologiques de la planète, elle renvoie, précisément, à ce qui est réinventé comme milieu total, la « Terre ». Tout comme cette image exhibe une face en pleine lumière, et occulte de ce fait l’obscurité indissociable de ce corps céleste, l’invention de la Terre comme unité physique, puis chimique et biologique, repose sur un *projet* de synoptique (visibilisation totale de la Terre)

⁵⁶² Source : NASA.

qui implique néanmoins toujours une face cachée.

En effet, nous pouvons, avec Latour, distinguer deux rapports à la totalité : l'oligoptique et le panoramique. Les panoramas obtiennent la totalité « en dessinant une image sans lacunes qui donne au spectateur l'impression saisissante d'être pleinement immergé dans le monde réel sans aucune médiation artificielle, sans aucun flux d'information coûteux en provenance ou à destination de l'extérieur »⁵⁶³. S'ils sont certes locaux, ils fonctionnent de sorte à *faire oublier* leur localité, en produisant pourtant une impression de totalité. On pourrait dire que la « bille bleue » est en ce sens un panorama environnemental, en tant que représentation de la Terre *posée comme totale*, déconnectable du réseau auquel elle est initialement attachée et censée contenir, *en elle-même*, toutes les autres échelles, inférieures au global : « [...] les panoramas donnent l'impression d'un contrôle total sur ce qui est surveillé, même s'ils sont totalement aveugles et si rien n'entre ou ne sort de leurs murs – sauf des spectateurs intéressés ou déconcertés⁵⁶⁴. »

En revanche, les oligoptiques font l'opposé : ils représentent des totalités partielles. Ils « disposent de vues parfaites mais étroites sur la totalité (connectée) – à condition que les connexions tiennent le coup ». Comme un poste de commandement sur un front de guerre, il ne voit que ce qui est susceptible de circuler le long des connexions existantes dans les deux sens. Il n'a pas besoin d'un point de vue surplombant, il suffit de « connecter à l'aide de diverses sortes de câbles bien alimentés »⁵⁶⁵. De même, la globalité partielle est attachée à son réseau par des connexions, certes plus ou moins stables et resserrées : ainsi en est-il des données dites globales des programmes participant à la recherche d'une synoptique de la Terre que nous avons examiné dans ce chapitre. Par conséquent la « bille bleue » reste une image totale, car elle renvoie à la Terre comme un tout, représente *en droit* la totalité des phénomènes de la Terre et sa mobilisation en tant qu'icône de l'environnementalisme, ou d'une supposée prise de conscience de la globalité des questions écologiques, en masque le réseau.

Le problème de la totalisation est un profond *topos* du dire géologique, et plus généralement du dire environnemental, central dans le discours anthropocénique. *A contrario*, des profils de température globaux obtenus grâce à la télédétection par laser (Lidar) par exemple, sont par définitions partiels, quoiqu'élaborés, connectés, associés à des réseaux qui permettent de parler d'échelle « globale » et même s'ils proviennent d'un appareillage supposant une vue d'en haut de la Terre. En ce sens, la différence entre panorama et oligoptique

⁵⁶³ B. LATOUR, *Changer de société, refaire de la sociologie*, op. cit., p. 275

⁵⁶⁴ *Id.*

⁵⁶⁵ *Ibid.*, p. 265

procède moins des images en tant que telles, que des agencements énonciatifs auxquels elles participent.

9.3 Conclusion

Ainsi peut-on évoquer avec Grevsmühl, l'instauration d'un « régime scopique du planisphère », « dans la mesure où la Terre est conceptualisée en tant qu'objet sur lequel on peut agir et sur lequel on peut exercer une certaine maîtrise⁵⁶⁶. » Parler de régime scopique, c'est une façon de qualifier un régime de visibilité qui ne soit pas dépendant du domaine de la vue. En ce sens, le panoptique, en tant que dispositif d'observation, a permis à Foucault de caractériser un régime scopique particulier, articulé autour de la mise en visibilité d'agents au sein d'un agencement carcéral, comme modèle pour une société hantée par le contrôle⁵⁶⁷. S'il a l'avantage de dénoter un projet de visibilisation totale, le terme de panoptique peut avoir l'inconvénient d'occulter ce que le genre de dispositif qu'il désigne laisse dans l'ombre tout en accordant une importance trop grande à ce qui a trait, précisément, au visuel ou à l'optique, là où nombre des instruments déployés dans les réseaux technoscientifiques ne reposent pas sur l'observation visuelle, voire sont des moyens de la contourner.

Certes, il s'agit de rendre visible et intelligible par l'intermédiaire d'une figure ou un tableau ce qui est observé mais, contrairement à la situation carcérale, l'identité de ce qui est observé est indissociablement liée à l'instrumentation, voire produite par cette instrumentation⁵⁶⁸. De plus, la constitution d'images compatibles avec l'œil humain est certes une étape souvent nécessaire mais elle suppose toujours une trahison par rapport à la vérité, toute construite et obtenue, de la donnée en elle-même. Ainsi, finalement, la notion de régime scopique, qui reste tributaire de ce qu'on pourrait nommer un « dispositif scopique », est un régime d'observation et d'objectivation indissociable de ses infrastructures matérielles et des agencements institutionnels qui le rendent possible.

Ce régime produit une signalétique de la Terre ambivalente, dans la mesure où elle s'inscrit dans le dispositif de géo-savoir tantôt comme globalité partielle, tantôt comme totalité panoramique. Cette ambiguïté est doublée d'une autre, à savoir que les globalités partielles répondent à un projet de synoptique totale de la Terre (panoramique, donc) et que le discours environnemental possède ce trait déroutant de passer subrepticement de l'une à l'autre. Et ce

⁵⁶⁶ S. GREVSMÜHL, *La terre vue d'en haut : l'invention de l'environnement global*, op. cit., p. 217

⁵⁶⁷ M. FOUCAULT, *Surveiller et punir : naissance de la prison*, Paris, Gallimard, 2003

⁵⁶⁸ Y compris par les modèles qu'elle inclut, voir P. N. EDWARDS, *A vast machine*, op. cit.

régime ambigu constitue un aspect important de la manière dont le discours contemporain hérite du globalisme des infrastructures de guerre froide.

Tracer le temps et l'espace de la Terre

To put it succinctly, our current understanding of the chronological evolution of the earth, its exterior and interior processes occurring on time scales of minutes to billions of years and the reconstruction of the evolution of human civilization has been developed in great part by the measurement of isotopic ratios⁵⁶⁹.

— Mark Baskaran, 2011

Le paysage qui se dessinera sera complètement différent en fonction du choix qui sera fait et de la définition des traceurs⁵⁷⁰.

— Bruno Latour, 2006

Si la constitution des réseaux de surveillance et d'images de la Terre joue un rôle fondamental dans la production d'une signalétique terrestre, on peut mettre en évidence un autre plan d'invention sémiotique complémentaire qui nous semble tout autant important. Il s'agit de techniques de fabrication de signes reposant sur la constitution de traces, signes qui permettent de référer à une entité absente, mais néanmoins différente de ce qui les constitue. Dans le géo-savoir, la trace est constituée comme minimum requis de l'énoncé portant sur toute propriété temporelle (passée, présente ou future) ou spatiale du globe. Au cours de la partie précédente, nous avons vu que de nombreux énoncés abstraits concernant la Terre sont déjà formulés au sujet de la Terre : interactions, systématisme, autorégulation, changements abrupts, influence

⁵⁶⁹ M. BASKARAN, « Environmental Isotope Geochemistry: Past, Present and Future », dans M. Baskaran (éd.), *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, Berlin ; New York, Springer, 2011, p. 3

⁵⁷⁰ B. LATOUR, *Changer de société, refaire de la sociologie*, op. cit., p. 261

anthropique, etc. Or, ce qui vient à changer avec le développement des savoirs de la Terre durant la Guerre froide, ce sont moins les concepts que leur articulation à des ensembles d'inscriptions rendues possibles par les vastes réseaux techno-scientifiques qui sont alors instaurés. Afin de mettre en évidence cette nouvelle configuration historique, nous nous concentrons sur une technologie sémiotique qui nous paraît déterminante comme condition de possibilité de la formation d'une *archive* terrestre : il s'agit des techniques de traçage radioactif.

L'invention de la radioactivité et la recension des éléments chimiques plonge ses racines à la fin du XIXe siècle, avec des figures bien connues (Becquerel, Curie, Rutherford, Soddy, Bohr) et met en évidence au début du XXe siècle l'origine et la distribution des radionucléides. Au niveau instrumental, Joseph Thomson met au point le premier spectrographe de masse en 1912, significativement perfectionné par son élève Francis W. Aston⁵⁷¹. Celui-ci permet de mesurer le rapport de masse sur charge et d'identifier des éléments chimiques, ouvrant la voie à la caractérisation de nombreux éléments de la table périodique (masse et abondance). Au cours des années 1930, d'importantes modifications techniques réalisées par Alfred Nier changent le spectrographe en spectromètre de masse, avec l'introduction d'amplificateurs électriques, augmentant sensiblement la sensibilité de l'instrument. Le Projet Manhattan auquel contribue le physicien, induit l'industrialisation à très grande échelle de cet instrument, dans la mesure où il permet de trier les isotopes ²³⁵U des plus abondants ²³⁸U⁵⁷². En quelque sorte, pour construire la bombe, il faut faire passer l'uranium-235 du statut de trace, au sens de reliquat, à celui de masse, au sens d'amas⁵⁷³.

Cependant, les lendemains de la Seconde Guerre mondiale se caractérisent par la mobilisation sans précédent des radionucléides naturel et artificiels comme traceurs et chronomètres des processus géophysiques et biologiques⁵⁷⁴. Les domaines concernés forment un vaste ensemble d'inscription : chronologie des roches et des minéraux, reconstruction des fluctuations du niveau de la mer, paléoclimats et paléoenvironnements, taux de météorisation, transports de matières entre les divers réservoirs de la Terre, quantification des processus de mélange océaniques et atmosphériques et temps de résidence – auxquels s'ajoutent la datation

⁵⁷¹ On peut toujours interroger, légitimement, l'origine d'une invention. Par commodité, nous ne rappelons pas ici par exemple les travaux de Eugen Goldstein, Wilhelm Wein, ou Walter Kaufmann, tout comme nous simplifions le récit général de l'invention du spectromètre de masse.

⁵⁷² P. RICHET, *L'âge du monde: a la découverte de l'immensité du temps*, Paris, Seuil, 1999, p. 313-318

⁵⁷³ Les développements théoriques d'Harnold Urey et de ses collègues, contribuent aussi au perfectionnement du spectromètre jusque dans les années 1940. H. BUDZIKIEWICZ et R. D. GRIGSBY, « Mass spectrometry and isotopes: a century of research and discussion », *Mass Spectrometry Reviews*, vol. 25, n° 1, février 2006, p. 146-157 ; R. BOWEN, *Isotopes in the Earth Sciences*, London, Chapman & Hall, 1994

⁵⁷⁴ A. B. MACKENZIE, « Environmental Radioactivity: Experience from the 20th Century — Trends and Issues for the 21st Century », *The Science of the Total Environment*, vol. 249, n° 1-3, 17 avril 2000, p. 313-329

dans le domaine de l'archéologie⁵⁷⁵. La géo-traçabilité peut dès lors être considérée comme condition nécessaire à l'invention d'un espace unitaire, composé d'éléments en relation, un « système Terre ».

10.1 L'atome et la trace

L'âge nucléaire est celui de la contamination de grande échelle. Entre 1945 et 1963, année de la mise en œuvre du Traité d'interdiction partielle des essais nucléaires, de vastes quantités d'isotopes radioactifs sont émis dans d'atmosphères, principalement les éléments ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, Pu et ¹⁴C⁵⁷⁶. Ces éléments, issus de fissions et de fusion d'atomes, sont par la suite fréquemment utilisés afin de caractériser de nombreux phénomènes, allant du traçage des pluies et plus généralement au parcours des eaux contaminées succédant l'explosion d'une bombe atomique – et donc du cycle hydrologique en général – au calibrage de la datation au carbone-14⁵⁷⁷. Par exemple, quoiqu'il fût d'abord estimé par un bilan de chaleur, le temps de résidence moyen de l'air dans la stratosphère a été confirmé par des mesures de flux de ⁹⁰Sr et de ¹³⁷Cs provenant de la bombe atomique. Le tritium émis par les bombes, et, passant de l'atmosphère vers l'hydrosphère, sert à déterminer le taux de formation et la vitesse des courants profonds de l'Atlantique Nord, information cruciale pour la compréhension de la circulation thermohaline⁵⁷⁸. La pollution nucléaire, entendue ici comme dissémination de radionucléides d'origine artificielle, offre ainsi une prise épistémique inédite sur les processus terrestres. On compte aujourd'hui plusieurs dizaines de radionucléides issus des activités nucléaires d'origine humaine, dont la plupart trouvent leur origine dans les tests atmosphériques de la Guerre froide⁵⁷⁹. Parmi ces derniers, au moins une quinzaine d'entre eux sont couramment utilisés dans le domaine des savoirs environnementaux (Tableau 12).

⁵⁷⁵ M. BASKARAN, « Environmental Isotope Geochemistry: Past, Present and Future », *op. cit.*, p. 3

⁵⁷⁶ Bien que près de trois quarts du ¹³⁷Cs et du ⁹⁰Sr ont disparu, plusieurs isotopes donc le ¹⁴C et les éléments transuraniens subsistent dans l'atmosphère et sont toujours utilisés comme traceurs ou chronomètres. *Ibid.*, p. 5

⁵⁷⁷ D. PORCELLI et M. BASKARAN, « An Overview of Isotope Geochemistry in Environmental Studies », dans M. Baskaran (éd.), *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, Berlin ; New York, Springer, 2011, p. 11-32

⁵⁷⁸ K. K. TUREKIAN, « Humans and Isotopes: Impacts and Tracers of Human Interactions with the Environment », dans M. Baskaran (éd.), *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, Berlin ; New York, Springer, 2011, p. 34-35

⁵⁷⁹ A. B. MACKENZIE, « Environmental radioactivity », *op. cit.*, p. 318

Isotope	Half-life	Main sources	Examples of major uses	Notes
³ H	12.32a	Bomb testing	Tracing rainwater from time of bomb peak in ground waters and seawater	Background cosmogenic ³ H
¹⁴ C	5730a	Reactors	Ages determined using ³ H- ³ He	Background cosmogenic ¹⁴ C
		Bomb testing	Identifying organic and inorganic carbonate materials produced in last 60 years	
⁵⁴ Mn	312 day	Bomb testing	Trophic transfer in organisms	No background
¹³⁷ Cs,	30.14a	bomb testing, reactors, reprocessing plants	Tracing seawater, soil erosion, sediment dating and mixing, sources of aerosols	No background
¹³⁴ Cs				
⁹⁰ Sr	28.6a	Reactors, bomb testing	Tracing seawater, sources of dust	No background
²³⁹ Pu	24100a	Reactors, bomb testing	Tracing seawater, identifying sources of Pu, sediment dating, soil erosion, tracing atmospheric dust	No naturally-occurring Pu
²⁴⁰ Pu	6560a			
²⁴¹ Pu	14.4a			
¹³¹ I	8.02 day	Bomb testing, reactors	Dating groundwater, water mass movements	Background cosmogenic ¹²⁹ I
¹²⁹ I	1.57×10^7 a			
⁸⁵ Kr	10.72a	Bomb testing	Dating groundwater	
³⁶ Cl	3.0×10^5 a	Bomb testing	Dating groundwater	Background cosmogenic ³⁶ Cl
²⁴¹ Am	432.2a	Reactors	Tracing sources of Am	No naturally-occurring Am

The anthropogenic isotopes that can be used as point source tracers, or provide global markers of the time of formation of environmental materials

Tableau 12 – Principaux isotopes d'origine anthropogéniques utilisés dans les sciences environnementales, d'après Porcelli et Baskaran⁵⁸⁰.

Le programme Geochemical Ocean Sections Study (GEOSECS), et notamment les travaux de Wallace Broecker, ont mobilisé les isotopes radioactifs présents dans les océans suite aux expériences nucléaires atmosphériques afin de déterminer les grandes caractéristiques de la circulation océanique globale et les interactions entre changement climatique et cycle du carbone⁵⁸¹. Ce dernier exemple révèle l'importance de ces traceurs. Le rapport détaillant les objectifs du programme énonce clairement les enjeux de connaissance : fournir à la fois les données physiques et chimiques sur les océans, permettre des estimations quantitatives des processus de mélange et de la productivité organique tout en établissant pour la première fois des niveaux de référence de pollution, y compris atomiques⁵⁸².

Si des travaux théoriques couplés aux mesures de salinité et de température ont donné un aperçu « qualitatif » des processus océaniques (notamment du transport d'eau salée et chaude de la surface vers le fond des océans), l'équipe de Broecker admet ne rien connaître des sources énergétiques à l'origine du transport de matière dans les océans. « Cependant, une extraordinaire méthode [...] est apparue, avec l'introduction récente des produits de la fission et des activités nucléaires tels que le strontium radioactif, le césium, le tritium et le carbone-14 d'origine humaine au sein des eaux de surface. » *In fine*, l'enjeu est de déterminer et de prévoir l'espace et le temps des processus de distribution des substances se trouvant dans l'océan « sur

⁵⁸⁰ D. PORCELLI et M. BASKARAN, « An Overview of Isotope Geochemistry in Environmental Studies », *op. cit.*, p. 18

⁵⁸¹ R. E. DOEL, « Quelle place pour les sciences de l'environnement physique dans l'histoire environnementale ? », *op. cit.*, p. 156-157 ; GEOSECS OPERATIONS GROUP, *The GEOSECS Program : the Objectives, the Plan, the Benefits*, Washington, D.C, 1974

⁵⁸² GEOSECS OPERATIONS GROUP, *The GEOSECS Program*, *op. cit.*, p. 3-4

des périodes de centaines de milliers d'années »⁵⁸³.

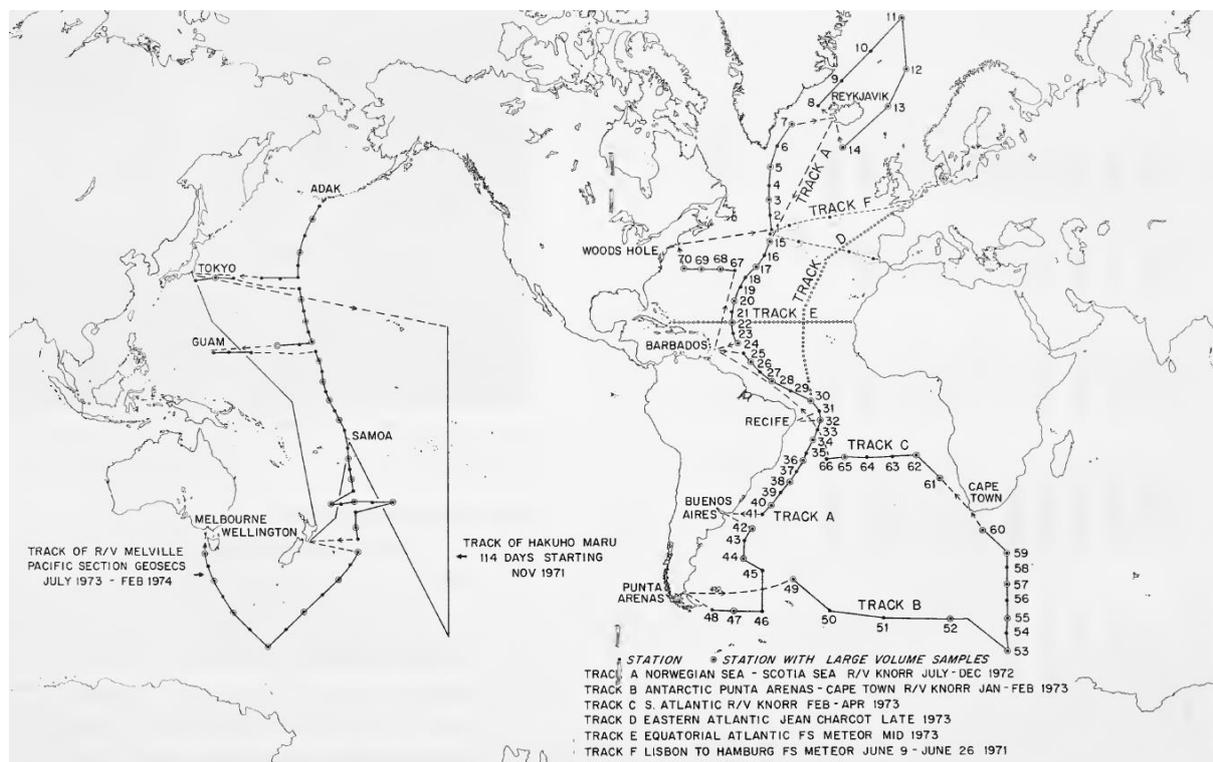


Figure 19 – Proposition de routes pour les mesures dans les océans Atlantique et Pacifiques dans le cadre du programme GEOSECS⁵⁸⁴.

Comme l'indique Broecker lui-même, avec son collègue d'Oak Ridge Tsung-Hung Peng au début des années 1980 dans un ouvrage fondateur pour l'océanologie contemporaine, les traceurs d'origine humaine, et en particulier le tritium et le radiocarbone disséminés sur Terre par les bombes, n'ont offert que des « pistes » d'enquête pour l'élucidation des courants océaniques profonds. Mais ce sont des pistes qui ont « encore beaucoup de choses à dire ». Il ne s'agit pas de désespérer de nouveaux essais atomiques, mais plutôt d'indiquer que les « traceurs naturels » ne permettent pas l'accès aux courants profonds⁵⁸⁵. En cela les isotopes artificiels non seulement sont encore utiles, mais ils constituent des modèles en tant que source d'inspiration puisque, suivant l'exemple des bombes, « l'adjonction intentionnelle de traceurs fabriqués par l'homme dans [la circulation] thermocline faciliterait grandement notre compréhension [des] phénomènes [de courants ascendants ou descendants]⁵⁸⁶. »

⁵⁸³ *Ibid.*, p. 5

⁵⁸⁴ *Ibid.*, p. 18

⁵⁸⁵ W. S. BROECKER et T.-H. PENG, *Tracers in the Sea*, New York, Lamont-Doherty Geological Laboratory, 1982, p. 438-441

⁵⁸⁶ *Ibid.*, p. 441. Broecker et Peng pensent à deux méthodes. Soit la diffusion de perfluorocarbure et son

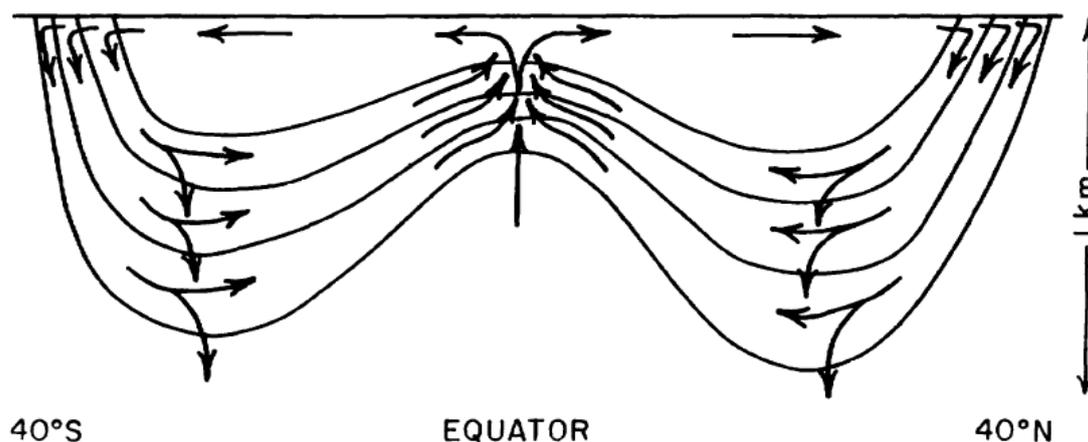


Figure 20 – Représentation explicitement spéculative de la circulation des eaux océaniques dans l'Atlantique selon Broecker et Peng. Cette circulation est simplement une supposition (« guess ») qui appelle l'usage de traceurs artificiels afin d'en augmenter sa charge de réalité⁵⁸⁷.

Les relevés isotopiques qui s'expriment géographiquement sur une carte du monde annoncent une autre spatialité, relevant non seulement de la troisième dimension (la verticalité) mais surtout d'une spatialité topologique propre au fonctionnement de la Terre. Bien entendu, les isotopes radioactifs d'origine humaine ne sont pas les seuls utilisés dans les géosciences : on a également recours aux isotopes stables et aux isotopes engendrés par les rayons cosmiques incidents sur la Terre. Cependant, la signature des éléments radioactifs produits par les activités de l'industrie atomique est plus claire et détectable que les autres. Surtout, ils offrent la possibilité de contrôler la distribution spatiale des traceurs et, *in fine*, sont réputés pour offrir plus de possibilités expérimentales.

La situation est similaire dans les sciences de l'atmosphère, dans la mesure où la surveillance des retombées radioactives a initié les premières études en trois dimensions de l'atmosphère globale. En effet, grâce aux particules radioactives, il est possible dès les années 1950 de suivre les courants atmosphériques avec une précision bien supérieure et ce à une échelle globale, grâce à des milliers de ballons-sondes et d'avions⁵⁸⁸. La perspective d'une guerre radiologique, utilisant des radionucléides artificiels contre des populations civiles, a inspiré l'étude du transport des particules dans l'atmosphère⁵⁸⁹. Dans les années 1960, les rejets

suivi sur plusieurs années, soit l'utilisation d'un gaz et d'un composant non volatil.

⁵⁸⁷ *Ibid.*, p. 440

⁵⁸⁸ P. N. EDWARDS, *A vast machine*, *op. cit.*, p. 207-210 ; L. MACHTA, « Meteorological Benefits from Atmospheric Nuclear Tests », *Health Physics*, vol. 82, n° 5, mai 2002, p. 635-643

⁵⁸⁹ S. WEART, « From the Nuclear Frying Pan into the Global Fire », *Bulletin of the Atomic Scientists*,

dans l'atmosphère de particules radioactives par les essais nucléaires ont aussi donné lieu à l'identification de cycles de rétroaction liés au transport de l'ozone « entre la troposphère et la stratosphère »⁵⁹⁰.

Comme le note le sociologue Joseph Masco, l'avènement de la technologie nucléaire comme projet de technoscience marque l'avènement d'une « nouvelle vision de la biosphère comme un espace écologique intégré constitué de relations complexes », « [...] rendue possible par le traçage de la contamination radioactive à la fois à travers les corps et la biosphère »⁵⁹¹. Au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, et sous l'influence des affaires atomiques de la Guerre froide, plusieurs Etats mettent en place de véritables industries de l'isotope à travers des institutions telles que l'AEC au Etats-Unis, l'United Kingdom Atomic Energy Authority (UKAEA) au Royaume-Uni et le Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) en France⁵⁹². Dans ce contexte, les isotopes sont employés comme traceurs dans de nombreux domaines, dont les mieux connus sont ceux de la biologie et de la santé⁵⁹³. Cependant, l'écologie s'empare très tôt de cet instrument, dans les mois qui suivent la conception par Ernest Pollard et E. O. Lawrence d'un cyclotron en 1939. Dès la fin des années 1940, Hutchinson utilise du phosphore-32, qu'il achète à l'AEC, comme traceur radioactif dans des milieux aquatiques⁵⁹⁴. En 1948, il conçoit par ailleurs des isotopes 12 et 13 du carbone comme traceurs naturels afin de caractériser le cycle global du carbone⁵⁹⁵.

Dans les années 1950, la dissémination intentionnelle de radioisotopes devient monnaie courante en écologie : des cycles de manière sont ainsi caractérisés quantitativement. Parallèlement, l'écologie systémique⁵⁹⁶ se constitue comme l'instrument par lequel des institutions comme l'AEC tracent leur propre dissémination de déchets radioactifs dans l'environnement, y compris dans la volonté d'évaluer des enjeux sanitaires liés à la radioactivité

vol. 48, n° 5, 1^{er} juin 1992, p. 18-27

⁵⁹⁰ S. GREVSMÜHL, *La terre vue d'en haut : l'invention de l'environnement global*, op. cit., p. 264

⁵⁹¹ J. MASCO, « The Age of Fallout », *History of the Present*, vol. 5, n° 2, 2015, p. 147

⁵⁹² A. N. H. CREAGER, « The industrialization of radioisotopes by the US Atomic Energy Commission », dans K. Grandin, N. Wormbs et S. Widmalm (éd.), *The science-industry nexus: History, policy, implications. Proceedings of Nobel Symposium*, Sagamore Beach, Science History Publications, 2004, p. 141-167 ; M. ADAMSON, « Cores of Production: Reactors and Radioisotopes in France », *Dynamis: Acta Hispanica ad Medicinae Scientiarumque Historiam Illustrandam*, vol. 29, 15 juillet 2009, p. 261-284

⁵⁹³ N. HERRAN, « Spreading Nucleonics: the Isotope School at the Atomic Energy Research Establishment, 1951-67 », *The British Journal for the History of Science*, vol. 39, n° 4, décembre 2006, p. 569-586 ; A. N. H. CREAGER, *Life atomic: a history of radioisotopes in science and medicine*, Chicago, University of Chicago Press, 2015

⁵⁹⁴ A. N. H. CREAGER, *Life atomic*, op. cit., p. 357-359

⁵⁹⁵ G. E. HUTCHINSON, « Circular Causal Systems in Ecology », *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 50, n° 4, 1948, p. 221-246

⁵⁹⁶ J.-P. DELEAGE, *Une histoire de l'écologie*, op. cit., p. 123-143

environnementale⁵⁹⁷. Plus généralement, l'écologie systémique repose largement sur le support des infrastructures de recherche de l'AEC (Hanford Works, Oak Ridge National Laboratory, Université de Georgia et la base de Savannah River⁵⁹⁸). Le traçage radioactif permet de quantifier les transports d'énergie le long des chaînes trophiques dans des écosystèmes donnés et l'écologue Eugene Odum en est un promoteur de premier plan. Ce dernier introduit dans la deuxième édition de son *Fundamentals of Ecology* le terme de « radiation ecology », terme est à la fois envisagé comme réponse aux menaces de pollution radioactive, comme moyen de les analyser et de prévenir des contaminations néfastes, mais aussi comme manière d'envisager sa pratique. En effet, « L'occasion offerte à l'Homme d'apprendre davantage au sujet des processus environnementaux par l'usage de traceurs radioactifs compense les éventuels effets indésirables qu'il pourrait rencontrer avec la contamination environnementale⁵⁹⁹. » Déjà en cours dans la médecine, l'écologie doit s'employer, avec des « précautions appropriées », à utiliser les traceurs (¹⁴C, ³²P, ⁴⁶Sc notamment) sur le terrain comme le font les sciences biologiques dans leurs laboratoires.

A la faveur de l'IBP, l'écologie systémique connaît une large diffusion entre la fin des années 1960 et les années 1970. Ces mêmes années, les traceurs sont employés en tant qu'*input* pour les modèles écologiques balbutiants qui sont élaborés dans cette même branche de l'écologie⁶⁰⁰. Comme le note l'historienne des isotopes Angela Craeger, ces derniers ont non seulement donné lieu à la quantification de certains flux énergétiques dans la biosphère ou à des niveaux plus locaux, ils ont non seulement contribué à lier le développement civil et militaire du nucléaire aux questions écologiques, mais ils ont également eu pour fonction de développer un certain art de l'attention. En effet, les mesures isotopiques supposent de discriminer chimiquement des éléments à très faibles doses, de l'ordre du nanogramme voire moins. Ainsi, et en cela on pourrait faire un rapprochement avec les domaines atmosphériques et océanographique, ont-ils servi de « polluant modèle », ouvrant la possibilité et la nécessité de la détection de quantités infimes, mais aux effets néanmoins dangereux, de matières artificielles⁶⁰¹.

⁵⁹⁷ A. N. H. CREAGER, *Life atomic, op. cit.*, p. 364-369

⁵⁹⁸ Pour donner un ordre d'idée, Hanford est à cette époque le premier site de construction de bombe atomique. En quarante années de fonctionnement, ce site a produit 500 millions de curies de déchets nucléaires dont 25 dispersés dans l'environnement par accident ou volontairement. J. R. MCNEILL, *The Great Acceleration: An Environmental History of the Anthropocene since 1945*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 2016, p. 161

⁵⁹⁹ E. ODUM, *Fundamentals of Ecology*, Philadelphia, Saunders, 1959

⁶⁰⁰ C. KWA, « Radiation Ecology, Systems Ecology and the Management of the Environment », dans M. Shortland (éd.), *Science and Nature: Essays in the History of the Environmental Sciences*, Stanford in the Vale, British Society for the History of Science, 1993, p. 213-250

⁶⁰¹ A. N. H. CREAGER, *Life atomic, op. cit.*, p. 392-393

10.2 Traces du temps

Entre les années 1950 et 1980, plusieurs processus d'inscription s'entrecroisent et contribuent à la construction du climat comme objet d'un savoir fondé sur la quantification. D'abord le développement des modèles numériques climatiques à partir des années 1950 permet de concevoir les premières simulations du comportement climatique de la Terre (à partir de données et d'analyses en partie rendues possibles par la surveillance des effets des bombes atomiques), en fonction de paramètres tels que la concentration atmosphérique de CO₂ ou la vapeur d'eau. Ces modèles, en plus de leur valeur heuristique, permettent ainsi d'élaborer des pronostics du futur⁶⁰². Cependant, c'est sur un autre type d'inscription que nous voudrions insister ici, à savoir l'usage et la mobilisation des isotopes dans l'histoire climatique.

Très tôt, les radioisotopes jouent un rôle central dans les recherches climatiques. En s'inspirant des travaux de Willard Libby sur la datation au carbone-14 des matières organiques, Suess s'en sert comme d'un traceur pour déterminer des taux d'échange océan-atmosphère de CO₂ ou comme *proxy* pour évaluer la composition isotopique du carbone dans l'atmosphère à l'aide du carbone stocké dans du bois⁶⁰³. Suess en conclut que l'atmosphère est désormais plus pauvre en carbone-14, ce qui peut être expliqué par les émissions de CO₂ d'origine humaine. A partir de 1955, Suess travaille avec Revelle, qui vient de le recruter au Scripps Institution of Oceanography afin de déployer des techniques isotopiques. Leur collaboration débouche sur leur fameux article de 1957 duquel est couramment citée cette remarque : « [...] les êtres humains sont en train de mener une expérience à l'échelle géophysique »⁶⁰⁴. Mais, placée dans son contexte, elle dit aussi autre chose que l'incertitude de la situation historique ou que la nouvelle mesure de l'agir humain :

⁶⁰² En particulier, un modèle de Manabe et Wetherald montre en 1967 qu'un doublement de la concentration de CO₂ provoquerait l'augmentation de la température de surface globale d'environ 2°C. S. MANABE et R. T. WETHERALD, « Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity », *Journal of the Atmospheric Sciences*, vol. 24, n° 3, 1^{er} mai 1967, p. 241-259. Le développement des modèles dans les années 1970 et 1980 produit ainsi des estimations de la variabilité climatique, dont l'étude du climatologue James Hansen et son équipe constitue un repère important J. HANSEN *et al.*, « Climate Impact of Increasing Atmospheric Carbon Dioxide », *Science*, vol. 213, n° 4511, 28 août 1981, p. 957-966. Pour un aperçu sur les principales estimations de la sensibilité climatique, voir P. N. EDWARDS, *A vast machine*, *op. cit.*, p. 211

⁶⁰³ H. SUESS, « Natural Radiocarbon and the Rate of Exchange of Carbon Dioxide Between the Atmosphere and the Sea », dans L. T. Aldrich (éd.), *Proceedings of Conference on Nuclear Processes in Geological Settings*, Washington, D.C., National Research Council, Commission on Nuclear Science, 1953, p. 52-56 ; H. SUESS, « Radiocarbon Concentration in Modern Wood », *Science*, vol. 122, n° 3166, 2 septembre 1955, p. 415-417. D'autres, comme Harmon Craig réalisent également ce genre d'études H. CRAIG, « The Natural Distribution of Radiocarbon and the Exchange Time of Carbon Dioxide Between Atmosphere and Sea », *Tellus*, vol. 9, n° 1, 1957, p. 1-17

⁶⁰⁴ P. N. EDWARDS, *A vast machine*, *op. cit.*, p. 210-214

Ainsi les êtres humains sont en train de mener une expérimentation [*experiment*] à l'échelle géophysique d'un genre qui n'aurait pu être réalisé par le passé et qui ne pourra être reproduit dans le futur. En quelques siècles, nous sommes en train de restituer à l'atmosphère et aux océans le carbone organique emmagasiné dans les roches sédimentaires durant des centaines de millions d'années. Cette expérimentation, si elle est adéquatement documentée, pourrait projeter une formidable lumière sur les processus météorologiques et climatiques. Par conséquent, il est dès aujourd'hui de première importance d'essayer de déterminer la manière dont le dioxyde de carbone est distribué entre l'atmosphère, les océans, la biosphère et la lithosphère⁶⁰⁵.

L'irréversibilité de ce qui est en train de se dérouler est due au caractère profondément contingent de l'action humaine, au sens où sa situation géohistorique singulière (un héritage du passé profond d'enfouissement massif de carbone) fait de l'industrialisation le moteur explicite d'un changement d'ordre géochimique (bouleversement des réservoirs de carbone). Il est néanmoins également intéressant de constater la manière dont un tel événement, qui est alors déjà énoncé comme proprement inouï, doit être documenté dans un but de connaissance. Le changement climatique est alors une véritable expérimentation, où est non pas dénoté une incertitude ou un danger, mais où des limites épistémiques peuvent être repoussées. Il s'agit d'une *opportunité épistémique* similaire à ce que permettent déjà les retombées radioactives au sujet des courants atmosphériques et marins ou encore des échanges énergétiques dans les écosystèmes.

Le changement climatique d'origine anthropique pose aussi d'autres questions. Dès les années 1950, ce dernier est considéré comme un possible crédible, quoique controversé, dans les sciences de la Terre⁶⁰⁶. En particulier, Roger Revelle, Hans Suess, Bert Bolin et Gilbert Plass mettent en question le rôle du CO₂ dans le bilan radiatif de la Terre tout en interrogeant les temps de résidence à l'aune, entre autres, des travaux de traçage isotopique. Comme nous l'avons vu, il existe néanmoins plusieurs explications possibles des variations climatiques. En 1956, Plass souligne que la concentration de CO₂ dans l'atmosphère influence considérablement la température moyenne du globe, mais cette relation n'est pensée et constituée qu'à partir de ce qui s'offre dans son présent. Or, celle-ci est une relation dynamique, elle évolue dans le temps long. D'où l'énigme que pose le météorologue : « Le problème est d'être en mesure de déterminer la concentration atmosphérique de CO₂ lors des périodes

⁶⁰⁵ R. REVELLE et H. E. SUESS, « Carbon Dioxide Exchange Between Atmosphere and Ocean and the Question of an Increase of Atmospheric CO₂ during the Past Decades », *op. cit.*, p. 572

⁶⁰⁶ A noter que le livre de Brooks décrivant les causes du changement climatique ne comprennent pas l'hypothèse du CO₂. La réédition de 1950 témoigne déjà de la prédominance des théories astronomiques et solaires. Voir C. E. P. BROOKS, *Climate Through the Ages*, *op. cit.*

géologiques passées⁶⁰⁷. » En effet, on aurait alors un argument de poids confortant le lien entre variations de CO₂ et températures terrestres ainsi qu'une estimation de la sensibilité climatique réelle, historique.

En ce point précis intervient un autre usage des isotopes. S'ils peuvent servir de traceurs de nouveaux espaces de circulation et qu'ils permettent en quelque sorte d'en dessiner l'anatomie, ils participent également à la constitution d'une archive de la Terre en ce qu'ils constituent des chronomètres, des horloges réputées absolues. Les isotopes permettent ainsi l'indexation temporelle des contenus documentés par les savoirs de la Terre. Ils vont servir non seulement à fournir la *matrice, certes non-exclusive mais incontournable, de toute temporalité de la Terre*, mais aussi vont participer à *renouveler et stabiliser l'historicité de la Terre*. Le premier aspect correspond à l'histoire de l'invention du temps absolu de la Terre par l'usage de l'uranium, du plomb ou de l'hélium depuis le début du XXe siècle. La mesure des abondances isotopiques et des chaînes de réaction correspondantes permet de passer d'une estimation chimique, à une estimation isotopique de l'âge de la Terre par Erich Gerling (1905-1985), Friedrich Houtermans, Arthur Holmes et Clair Patterson à $4,55 \pm 0,1$ milliards d'années. A ce titre, il est intéressant de noter que les résultats de ce dernier sont tributaires de la conception de laboratoires restituant des conditions atmosphériques préindustrielles, au sens où Patterson se rend compte que ses mesures sont faussées par un air ambiant pollué au plomb, omniprésent depuis son introduction dans l'essence au cours des années 1930⁶⁰⁸.

Cependant, le second aspect montre autre chose. Il ne s'agit pas seulement de dater, mais d'élaborer des *technologies intellectuelles permettant de distribuer temporellement des traces afin de les transformer en signe*. Les techniques paléoclimatiques sont à ce titre édifiantes. A la fin des années 1940, Harold Urey, qui reçoit le prix Nobel de chimie en 1934 pour la découverte du deutérium et contribue à l'invention des techniques de production de l'uranium-235 par diffusion gazeuse pendant la guerre, estime qu'il est possible d'obtenir la température des océans par la mesure du rapport de la concentration des isotopes stables ¹⁶O et ¹⁸O. La vie marine fabrique des structures (coraux, coquillages, foraminifères, etc.), utilisant du carbonate de calcium (CaCO₃), dont la composition isotopique de l'élément oxygène varie en fonction de la température ambiante. Ainsi, en mesurant ce rapport dans des composés anciens (roche calcaire, par exemple), on peut obtenir un *proxy* pour la température. Urey et ses collègues, dont Harmon Craig, John McCrea et Cesaro Emiliani, mettent au point des protocoles

⁶⁰⁷ G. N. PLASS, « The Carbon Dioxide Theory of Climatic Change », *op. cit.*, p. 153

⁶⁰⁸ P. RICHERT, *L'âge du monde*, *op. cit.*, p. 225-230 ; J.-L. KITMAN, *L'Histoire secrète du plomb*, A. Pouillot (trad.), Paris, Editions Allia, 2005

de mesure et augmentent la précision du spectromètre de masse de Nier pour obtenir au début des années 1950, le fameux « thermomètre géologique »⁶⁰⁹.

La paléoclimatologie connaît d'importants développements durant les décennies qui suivent. Discipline particulièrement tributaire de la coopération internationale, et donc des jeux politiques qui la sous-tendent, la paléoclimatologie isotopique, et en particulier la glaciologie, peut se caractériser comme « science extrême » car ses conditions d'exercices nécessitent de lourds réseaux logistiques, impliquant notamment des machines pouvant opérer dans des milieux les plus hostiles, souvent fournies par les armées⁶¹⁰. Dès les années 1950, mais surtout à partir des années 1960, des études auxquelles prennent largement part Suess, Broecker et Emiliani permettent des premières datations à partir d'analyses isotopiques de prélèvements marins (coraux, foraminifères)⁶¹¹. Suite aux premières expériences de carottage glaciaire lors de l'AGI, la glaciologie prend de l'ampleur à partir du milieu des années 1960, en commençant par le premier carottage profond à la base militaire états-unienne de Camp Century. Dans les années 1950, le Danois Willi Dansgaard, qui est chargé au début de la décennie d'installer un spectromètre de masse dans son institution à l'Université de Copenhague, constate une corrélation entre la proportion d'isotope 18 de l'oxygène dans le contenu de précipitations (eau sous forme de cristaux ou liquide) et sa température de formation. Plus l'air est chaud, plus l'isotope 18 de l'oxygène est présent dans les cristaux de glace : le rapport isotopique de l'oxygène ($\delta^{18}\text{O}$) pourrait donc constituer un indicateur pour les climats passés⁶¹². Ce rapport sert alors d'indicateur pour analyser la glace extraite des calottes glaciaires. En analysant les isotopes d'oxygène dans près de 1600 échantillons du carottage de Camp Century, percé à 1390 mètres de profondeur, Dansgaard et ses collègues permettent d'établir les variations climatiques sur approximativement 100 000 ans, exhibant ainsi des oscillations composées de trois périodicités⁶¹³. Analysant à la même époque les poussières prisonnières de la glace, ils mettent

⁶⁰⁹ Z. SHARP, *Principles of Stable Isotope Geochemistry*, Upper Saddle River, New Jersey, Pearson Prentice Hall, 2007, p. 1-3 ; A. P. TUDGE, « A Method of Analysis of Oxygen Isotopes in Orthophosphate—Its Use in the Measurement of Paleotemperatures », *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 18, n° 1, 1^{er} janvier 1960, p. 81-93

⁶¹⁰ M. JOUVENET, « Des pôles aux laboratoires : les échelles de la coopération internationale en paléoclimatologie (1955-2015) », *Revue française de sociologie*, vol. 57, n° 3, 13 septembre 2016, p. 563-590

⁶¹¹ W. BROECKER *et al.*, « Milankovitch Hypothesis Supported by Precise Dating of Coral Reefs and Deep-Sea Sediments », *Science*, vol. 159, n° 3812, 1^{er} février 1968, p. 297-300 ; C. EMILIANI, « Temperature and Age Analysis of Deep-Sea Cores », *Science*, vol. 125, n° 3244, 1957, p. 383-387 ; C. EMILIANI, « Isotopic Paleotemperatures », *Science*, vol. 154, n° 3751, 18 novembre 1966, p. 851-857 ; C. EMILIANI, « The Cause of the Ice Ages », *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 37, n° 3, 1^{er} janvier 1978, p. 349-354

⁶¹² W. DANSGAARD, « The Abundance of O18 in Atmospheric Water and Water Vapour », *Tellus*, vol. 5, n° 4, 1953, p. 461-469 ; W. DANSGAARD, *Frozen annals: Greenland ice cap research*, Odder, Narayana Press, 2004

⁶¹³ W. DANSGAARD *et al.*, « One Thousand Centuries of Climatic Record from Camp Century on the Greenland Ice Sheet », *Science*, vol. 166, n° 3903, 17 octobre 1969, p. 377-380

en évidence les produits de fission nucléaire issus des puissances atomiques en train d'expérimenter leur arsenal respectif⁶¹⁴.

Ainsi, progressivement, la paléoclimatologie, à la faveur des programmes internationaux tels que le projet CLIMAP (Climate: Long range Investigation, Mapping, and Prediction), composante de l'IDOE évoqué au chapitre précédent, vient solidifier les fluctuations climatiques produites par les paramètres de Milankovich. La température de surface, le volume et l'étendue des glaces, et le niveau de la mer ont connu des fluctuations bien plus importantes qu'initialement prévu⁶¹⁵. Dès lors, s'ouvre un nouveau possible : dire autrement le passé du climat. Depuis le début du XIXe siècle, le développement de la paléobotanique montrait que la température du globe avait été par le passé très élevée durant ce qu'on nomme le carbonifère⁶¹⁶. Jusqu'au XXe siècle le climat avait bien une histoire, influencée par des facteurs cosmologiques et géophysiques notamment – et aussi humains sur de plus petites durées –, mais l'accès direct à une chronologie du passé climatique profond restait clos. De ce point de vue, la paléoclimatologie, terme qui apparaît dans les années 1930 et désigne le savoir portant sur le passé lointain du climat, comprend notamment toutes les théories du changement climatique, dont celle de Buffon⁶¹⁷. Durant les décennies de la Guerre froide, la paléoclimatologie isotopique fournit un cadre de référence général inédit : elle construit des méthodes capables d'élaborer des distributions temporelles absolues de certains paramètres climatiques ou atmosphériques (température, composition chimique).

Cela signifie que des régularités climatiques sont stabilisées sur le temps long : les radioisotopes permettent donc de fixer une anatomie temporelle du climat global. Les variations climatiques constituent ainsi une norme au sens où l'on exhibe pour la première fois, sur un passé très lointain, non seulement un éventail des températures possibles, mais surtout le schème qui préside à leur régularité (Figure 21). La différence qu'introduisent les savoirs de la

⁶¹⁴ E. PICCIOTTO, EDGAR et S. WILGAIN, « Fission Products in Antarctic Snow, A Reference Level for Measuring Accumulation », *Journal of Geophysical Research (1896-1977)*, vol. 68, n° 21, 1963, p. 5965-5972 ; G. CROAZ, C. C. LANGWAY et E. PICCIOTTO, « Artificial Radioactivity Reference Horizons in Greenland Firn », *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 1, n° 1, 1^{er} janvier 1966, p. 42-48 ; W. DANSGAARD, H. B. CLAUSEN et A. AARKROG, « Evidence for Bomb-Produced Silicon 32 », *Journal of Geophysical Research (1896-1977)*, vol. 71, n° 22, 1966, p. 5474-5477 ; W. AMBACH et W. DANSGAARD, « Fallout and Climate Studies on Firn Cores from Carrefour, Greenland », *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 8, n° 4, 1^{er} janvier 1970, p. 311-316

⁶¹⁵ N. J. SHACKLETON et N. D. OPDYKE, « Oxygen Isotope and Palaeomagnetic Stratigraphy of Equatorial Pacific Core V28-238: Oxygen Isotope Temperatures and Ice Volumes on a 10⁵ Year and 10⁶ Year Scale », *Quaternary Research*, vol. 3, n° 1, juin 1973, p. 39-55 ; J. D. HAYS, J. IMBRIE et N. J. SHACKLETON, « Variations in the Earth's Orbit: Pacemaker of the Ice Ages », *Science*, vol. 194, n° 4270, 1976, p. 1121-1132 ; J. A. EDDY, « Historical Evidence for the Existence of the Solar Cycle », *The Solar Output and its Variation*, 1977, p. 51-71

⁶¹⁶ M. J. S. RUDWICK, *Worlds before Adam*, op. cit., p. 167-175

⁶¹⁷ R. W. FAIRBRIDGE, « History of Paleoclimatology », dans V. Gornitz (éd.), *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, Dordrecht, Springer Netherlands, 2009, p. 414-428

Terre semblent ainsi se rapporter non pas à un concept en particulier, mais à une capacité d'articulation entre traces et énoncés qui les solidifient en retour. Il convient également d'observer que la chronologie n'est pas directement donnée par le carottage : il faut proposer une méthode permettant de transposer l'un des paramètres du prélèvement en indice temporel, ce qui peut se faire, soit par une corrélation entre profondeur et âge de dépôt, grâce à une loi décrivant la vitesse de ce processus, soit, le plus souvent, par une datation isotopique (des poussières, par exemple)⁶¹⁸. Comme l'observe l'historien Spencer Weart, il s'en suit alors un resserrement important de la temporalité climatique. Entre les années 1940 et 1980, l'on passe d'un climat qui peut certes évoluer, mais à des échelles de temps millénaires, à une versatilité de l'ordre de quelques dizaines d'années⁶¹⁹. Pour les acteurs de l'époque, le climat change de statut : de colosse quasi-immobile, il se mue en bête versatile⁶²⁰.

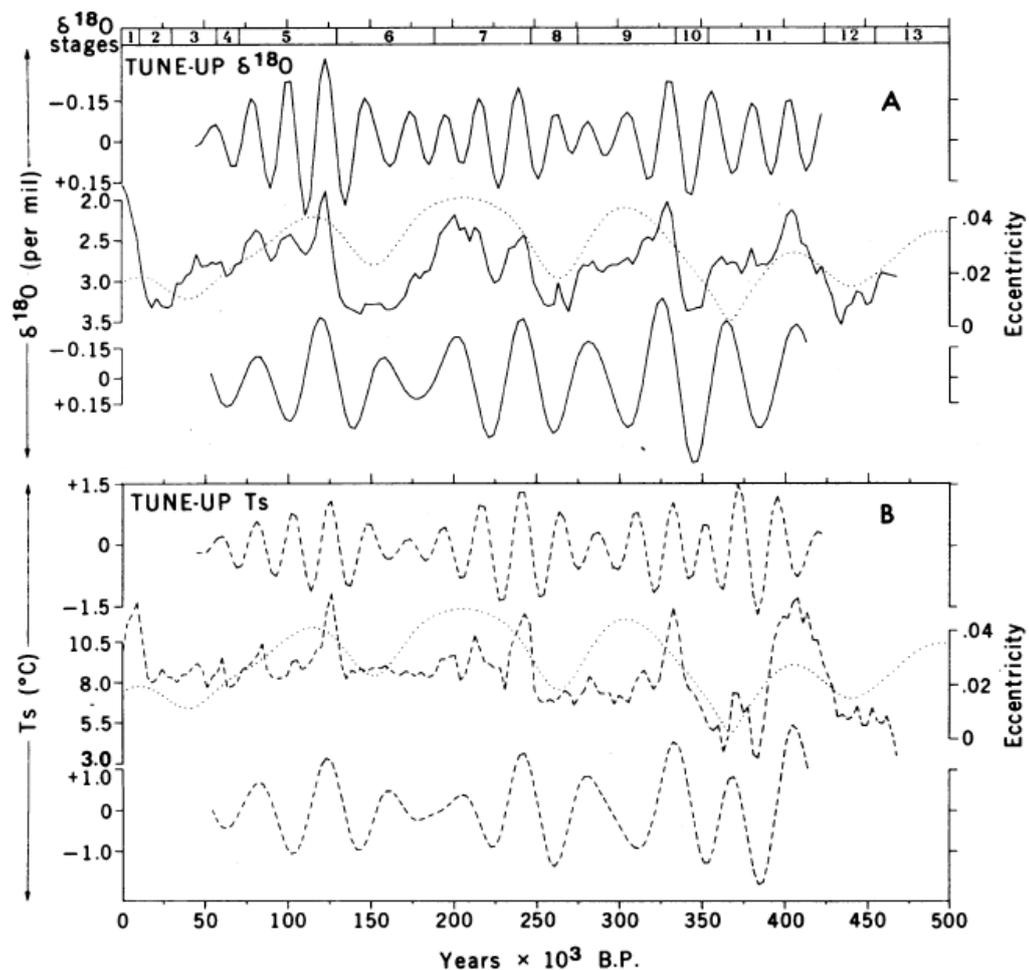


Figure 21 – Variations de l'excentricité et du climat au cours des 500 000 dernières années selon Heys et ses collègues. Dans les graphes A et B, les courbes supérieures

⁶¹⁸ J. D. HAYS, J. IMBRIE et N. J. SHACKLETON, « Variations in the Earth's Orbit », *op. cit.*

⁶¹⁹ S. WEARTH, *The Discovery of Global Warming*, *op. cit.*

⁶²⁰ Mais c'est seulement pour les acteurs de l'époque, car cette idée est en réalité bien plus ancienne et multiforme, voir à ce sujet J.-B. FRESSOZ et F. LOCHER, *Les révoltes du ciel. Une histoire du changement climatique XVe-XXe siècles*, *op. cit.*

et inférieures montrent les composantes fréquentielles extraites par analyse du signal de la courbe principale : $\delta^{18}\text{O}$ en A et température de surface océanique en B⁶²¹.

On peut parler de l'invention d'une normativité du climat également dans la mesure où des conclusions sur le présent sont tirées de cette excursion dans le passé climatique. Entre les années 1950 et le milieu de la décennie 1970, l'idée d'un réchauffement climatique ne fait pas consensus, elle se trouve même en concurrence avec celle d'un refroidissement global. Des scientifiques de premier plan comme Maurice Ewing ou Reid Byrson accèdent cette dernière hypothèse, en lui attribuant plusieurs causes, allant de la pollution humaine par des particules à la modification de l'albedo, en passant, de manière paradoxale, par les conséquences d'un réchauffement climatique qui entraînerait l'ouverture de l'Arctique et ainsi une augmentation de l'albedo résultant de l'extension des neiges et des glaces. Ce scénario est envisagé par les services de la CIA qui lui consacrent plusieurs rapports, des solutions de modification du climat sont proposées, tout comme des politiques néomalthusiennes – lieu commun de la littérature institutionnelle sur les questions écologiques de l'époque⁶²². À côté de cela, la paléoclimatologie interroge. Si les régularités climatiques s'avèrent justes, si la danse cosmique de la Terre est le principal déterminant de la température atmosphérique, peut-on prédire ce qu'il en sera demain ? Dans les années 1970, un certain nombre d'acteurs soulignent l'arrivée de la prochaine glaciation. De plus, les variations climatiques révèlent des épisodes « catastrophiques » : quelles en sont les raisons ? Si l'activité volcanique a pu jouer un rôle, est-ce l'activité humaine pourrait faire de même ? La communauté de paléoclimatologie traverse un moment de perplexité sur ce que disent les isotopes du passé climatique au sujet de notre présent, des causes qui présideraient à un refroidissement, de l'influence des activités humaines comme déclencheurs du processus⁶²³. L'archive climatique questionne l'actualité : on cherche dans les signes disponibles la signification du présent climatique.

D'un autre côté, la question du réchauffement climatique est également prise en compte dans les instances internationales. Déjà, en 1970, la conférence internationale *Study of Man's Impact on Climate*, à Stockholm, déclare que l'éventualité d'un changement climatique

⁶²¹ J. D. HAYS, J. IMBRIE et N. J. SHACKLETON, « Variations in the Earth's Orbit », *op. cit.*

⁶²² J. R. FLEMING, *Historical Perspectives on Climate Change*, *op. cit.*, p. 131-132. Pour le discours néo-malthusien de la guerre froide en lien avec les questions environnementales, voir F. LOCHER, « Les pâturages de la Guerre froide : Garrett Hardin et la « Tragédie des communs » », *Revue d'histoire moderne contemporaine*, n° 60-1, n° 1, 19 août 2013, p. 7-36

⁶²³ W. DANSGAARD *et al.*, « Speculations about the next glaciation », *Quaternary Research*, vol. 2, n° 3, 1^{er} novembre 1972, p. 396-398 ; G. J. KUKLA et R. K. MATTHEWS, « When Will the Present Interglacial End? », *Science*, vol. 178, n° 4057, 13 octobre 1972, p. 190-202

global d'origine anthropique, rapide et conséquent soit devenir une question de recherche de premier plan – quoique les causes et les temporalités impliquées fassent largement débat⁶²⁴. Comme le montre Romain Felli, au cours de la décennie 1970 de nombreux rapports traitant de la manière dont il convient de répondre à cette question sont publiés. Ils visent à déterminer quelles sont les mesures d'adaptation à adopter en cas d'éventuel réchauffement climatique, qui selon plusieurs acteurs pourrait même s'avérer catastrophique⁶²⁵.

C'est seulement à la fin des années 1970 que la position commune des scientifiques commence à converger vers l'hypothèse de la primauté du risque d'un réchauffement climatique sur celui d'un refroidissement. Ainsi, en 1979, un programme de recherche international, le World Climate Research Program (WCRP) est lancé dans l'objectif d'y apporter une réponse. En outre, depuis le milieu des années 1970, une augmentation de la température globale est détectée et les mesures systématiques de la concentration du CO₂ atmosphérique, réalisées par Charles Keeling, montrent son augmentation, de 315 ppm en 1960 à 350 ppm en 1988. Ces deux éléments contribuent à faire refluer l'hypothèse d'un refroidissement global, position qui cède très largement la place au réchauffement au milieu des années 1980 tout en étant déjà largement disséminée au sein des rapports de la recherche internationale⁶²⁶. Au milieu des années 1980, des campagnes de carottage effectuées au Groenland non seulement confirment les oscillations passées de la température globale sur plus de cent mille ans, mais indiquent également que celles-ci peuvent s'effectuer sur une durée de l'ordre d'un siècle⁶²⁷. De plus, d'autres prélèvements en Antarctique montrent que les variations du CO₂ et la température globale se suivent l'un, l'autre, suggérant un lien historique entre ces deux paramètres⁶²⁸.

10.3 Conclusion

Ainsi, les technologies isotopiques mises au service dans les savoirs de la Terre constituent un autre aspect du réseau des savoirs de la Guerre froide. Certes, ces derniers sont pris dans des rapports de territorialité, notamment dans le cadre où les pôles et les fonds marins

⁶²⁴ SMIC, *Inadvertent Climate Modification: Report of the Study of Man's Impact on Climate*, 2nd printing, Cambridge (Mass.), MIT Press, 1973

⁶²⁵ R. FELLI, *La grande adaptation: climat, capitalisme et catastrophe*, Paris, Seuil, 2016

⁶²⁶ S. WEARTH, *The Discovery of Global Warming*, *op. cit.*

⁶²⁷ W. DANSGAARD *et al.*, « A New Greenland Deep Ice Core », *Science*, vol. 218, n° 4579, 24 décembre 1982, p. 1273-1277

⁶²⁸ J. M. BARNOLA *et al.*, « Vostok Ice Core Provides 160,000-Year Record of Atmospheric CO₂ », *Nature*, vol. 329, n° 6138, octobre 1987, p. 408-414

constituent des espaces limitrophes du point de vue du pouvoir opérationnel⁶²⁹. Ces espaces sont en quelque sorte des sentinelles de la frontière de spatialité de la Guerre froide. Mais les signes isotopiques montrent peut-être quelque chose de déjà profondément ambivalent à propos du haut modernisme triomphant. On l'a vu, l'opérationnalité et l'opérativité terrestres, tout comme les grands projets internationaux et leurs images globales, témoignent d'un rapport à la Terre qui peut être interprété dans le sens du « haut modernisme », thématiqué par James C. Scott. En effet, la *big science*, les projets d'intervention sur la nature à de gigantesques échelles, l'implication des sciences dans un imaginaire de l'assassinat de masse, et bien entendu la centralité de l'Etat dans tous ces aspects témoignent d'une volonté d'ordonnement presque sans limite de la nature, d'une confiance en la capacité transformatrice du monde par les savoirs positifs, du déploiement pharaonique des moyens de l'Etat, et en particulier des moyens militaires⁶³⁰.

Or, déjà dans ce rapport à la Terre, quelque chose déborde. Le Projet Manhattan et les essais nucléaires, mais aussi l'industrie de la « Grande Acclamation », laissent des traces et permettent, en tant que faits socio-historiques, la traçabilité du monde. Il y a déjà un débordement du haut modernisme lui-même, de manière endogène – et l'on sait qu'il n'est pas exempt par ailleurs de mouvements critiques. Les technologies isotopiques participent certes de la clôture du monde. Ainsi, comme l'observe Grevsmühl, « La traçabilité globale dans l'eau et dans l'atmosphère de rejets dangereux et de plus en plus nombreux émanant des activités militaires et technoscientifiques a permis enfin de modéliser cet espace clos, ce monde fermé où il n'y a pas « d'extérieur » auquel on pourrait confier les conséquences volontaires ou involontaires de nos actions communes⁶³¹. » Le monde clos, c'est cet espace virtuel où la frontière d'opérationnalité est abolie par le développement des savoirs de la Terre. Mais, d'un autre côté, nous l'avons vu, les mesures isotopiques ouvrent la voie à un type d'attention environnementale dans les savoirs de la Terre, de même qu'elles permettent d'interroger à nouveaux frais le présent et son actualité géologique. Enfin, on peut remarquer que c'est bien la pollution de la Guerre froide qui est véritablement globale. Son omniprésence sur le globe (pensons au cas du plomb), ne permet déjà plus de différencier un environnement pollué d'un

⁶²⁹ A. ELZINGA, « Antarctica, the Construction of a Continent by and for Science », dans E. Crawford, T. Shinn et S. Sörlin (éd.), *Denationalizing Science: The Contexts of International Scientific Practice*, Washington, D.C, Springer, 1993, p. 73-106 ; J. HERZBERG, C. KEHRT et F. TORMA (éd.), *Ice and Snow in the Cold War: Histories of Extreme Climatic Environments*, New York, Berghahn Books, 2019

⁶³⁰ J. C. SCOTT, *Seeing Like a State: How Certain Schemes to Improve the Human Condition Have Failed*, New Haven, Yale University Press, 1998, p. 4-5. On peut cependant s'interroger sur le quatrième aspect du haut modernisme : une société civile passive. Cependant, gardons en tête que l'âge d'or du haut modernisme se situe plutôt autour de la Première Guerre mondiale.

⁶³¹ S. GREVSMÜHL, *La terre vue d'en haut : l'invention de l'environnement global*, op. cit., p. 223

environnement préindustriel. La clôture du monde est d'abord un fait de la trace laissée par les activités des sociétés industrielles ; ce monde clôturé par la pollution offre ainsi des prises pour tracer l'anatomie du globe et participe à l'invention de la Terre comme environnement global⁶³². Mais l'anatomie dont il s'agit n'est plus statique, elle est la configuration spatiale et temporelle des composantes physico-chimiques de la Terre.

⁶³² Il ne s'agit pas d'affirmer que pour la première fois il existe des transports de pollutions à l'échelle globale (on sait par exemple que du plomb des forges romaines a été trouvé dans les glaces du Groenland J. R. McCONNELL *et al.*, « Lead Pollution Recorded in Greenland Ice Indicates European Emissions Tracked Plagues, Wars, and Imperial Expansion During Antiquity », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, n° 22, 29 mai 2018, p. 5726-5731), mais que les traces des essais nucléaires sont édifiants parce qu'ils globalisent le monde : ils sont objectivement disséminés dans tout l'espace de l'hydrosphère, de la biosphère et de l'atmosphère presque au même moment où ils y sont détectés et servent à caractériser leurs fonctionnements et leurs spatialités propres.

Diagnostiquer l'environnement global

Jamais les hommes n'ont affronté jusqu'ici un péril dont la gravité et l'ampleur relèvent de la conjugaison de plusieurs phénomènes. Chacun d'eux suffirait déjà à lui seul à créer des problèmes insolubles ; tous à la fois, ils signifient que les souffrances humaines vont terriblement s'aggraver dans un proche avenir et que toute vie s'éteigne ou risque de s'éteindre sur la planète⁶³³.

— Le Courrier de l'Unesco, 1971

Une composante essentielle de tout diagnostic est le tableau symptomatique, véritable pivot du diagnostic : moment de synthèse entre, d'une part, l'analyse et la confection des signes et, d'autre part, la détermination d'une pathologie. Cette collection de symptômes place en co-présence les maux afin de les interpréter dans leur diversité même, de saisir et qualifier, en nommant la pathologie, le sens du système de relations qu'ils organisent. Cette manière d'articuler différents signaux de l'environnement global ne va pas soi. Central dans l'élaboration de la notion d'Anthropocène⁶³⁴, cet élément n'a pas toujours été présent dans le discours environnemental, qu'il soit scientifique ou non. Cependant, il faut relever un point important. La construction de ce que l'on pourrait appeler un « panorama environnemental global », c'est-à-dire une synthèse des modifications environnementales effectuées par les activités humaines à l'échelle du globe, n'est pas une invention de l'environnementalisme du

⁶³³ COLLECTIF, « SOS environnement. 2 200 savants s'adressent aux trois milliards et demi de Terriens », *Le Courrier de l'Unesco*, 7 juillet 1971, p. 4. Nous avons consulté ce document suite à une citation de Bonneuil dans sa préface à réédition d'une œuvre de René Dumont, voir R. DUMONT, *L'Utopie ou la Mort*, Paris, Points, 2020.

⁶³⁴ Comme nous le verrons dans la troisième partie.

XXe siècle. Précisons que le terme de « panorama » n'est pas là pour dénoter une représentation adéquate du global, mais bel et bien son caractère profondément *factice*, fabriqué. Les panoramas globaux sont des images qui se *réfèrent* à un tout sans pour autant *l'embrasser*, comme on l'a analysé plus haut⁶³⁵. Cependant, comme nous le verrons ici et au chapitre suivant, la fabrique des panoramas environnementaux ne s'est pas produite immédiatement. Etant partiellement connectés à leur réseau, comme dans le cas de SCOPE (Scientific Committee on Problems of the Environment), ils deviennent progressivement des panoramas au sein plein, symbolisant *a priori* un environnement total, et fonctionnant comme tel au niveau énonciatif.

Nous avons vu dans la première partie sur la temporalité longue de nombreux exemples de panoramas environnementaux. Si cela peut sembler contre-intuitif, c'est que, précisément, ces derniers ne sont pas considérés, aujourd'hui, comme étant associés à un discours pessimiste sur l'avenir du globe. Or, d'une part, un tel critère n'invalide pas l'existence de panoramas environnementaux même non soucieux du devenir de la Terre, mais, d'autre part, nous avons également vu qu'il existe bien des manifestations d'inquiétude associées à ces panoramas, en particulier entre la fin du XIXe siècle et le début du XXe siècle, notamment en géographie et en géologie. Après la Seconde Guerre mondiale, les ouvrages de Vogt et Osborn précédemment mentionnés témoignent également d'alertes environnementales fondées sur des panoramas environnementaux globaux⁶³⁶. Ainsi, il existe déjà des formes de tableaux symptomatiques environnementaux avant le mouvement environnementaliste des années 1960 et les nombreux rapports et ouvrages qui l'accompagnent. En cela, la notion d'Anthropocène est une reprise à la fois d'un schème disciplinaire, tout en se situant également dans une forme somme toute récurrente de l'énonciation savante du dommage écologique global.

Ainsi voudrions-nous insister dans ce chapitre non pas sur l'origine des représentations des changements environnementaux globaux, car cette question n'a sans doute pas de consistance en tant que telle, mais sur un processus plus précis. La question que nous souhaitons ici traiter concerne la manière dont le souci environnemental devient *en soi* objet de savoir pour les communautés de recherche internationales. En particulier, à travers le prisme des organisations liées au Conseil international des unions scientifiques (ICSU), on peut mettre en évidence que l'action humaine est prise en compte dans les discours institutionnels dans une ambiguïté entre productivité et souci écologique. Cependant, l'environnement global ne tarde pas à devenir lui-même l'objet de caractérisation par la communauté scientifique internationale,

⁶³⁵ Voir le Chapitre 9, « Images globales, régime total ».

⁶³⁶ F. OSBORN, *Our plundered planet*, *op. cit.* ; W. VOGT, *Road to survival*, *op. cit.*, p. 29 et 176. Ces auteurs sont cités dans C. BONNEUIL et J.-B. FRESSOZ, *L'événement anthropocène*, *op. cit.*, p. 95

à travers des formes institutionnelles dédiées, comme dans le cas du programme SCfOPE que nous examinons ici. Les activités des institutions internationales fondées par ou sous l'impulsion de l'ICSU nous fournissent ici une fenêtre intéressante pour analyser ce qu'il se dit de façon transversale au sujet de l'environnement global durant les années 1960 et 1970 dans la communauté des sciences de la Terre.

11.1 Productivité de la Terre : bon usage, bonne santé

Jusqu'ici, nous avons présenté les programmes internationaux de l'environnement global comportant des projets de construction de données globales, synoptiques. Cependant, à partir de la seconde moitié des années 1960, on peut y distinguer une attention émergente aux problèmes environnementaux globaux. Cela participe d'un mouvement général du discours institutionnel, qu'il soit politique ou scientifique, mais aussi de la publicisation des questions environnementales dans les espaces publics européens et nord-américains en particulier. Point historiographique bien balisé, il y a ainsi une transition importante de l'environnementalisme entre les années 1960 et 1970. La critique dans les arènes politiques, notamment états-unienne, des conséquences de la société d'abondance et du consumérisme, les divers accidents nucléaires et les marées noires, les pollutions – notamment par le très décrié DDT – rejoignent les soucis d'une classe moyenne de plus en plus insatisfaite des conditions environnementales et de la salubrité publique, ainsi que la contreculture et les mouvements politiques de gauche, et notamment l'opposition à la guerre au Vietnam où la stratégie de guerre environnementale choque l'opinion⁶³⁷. Cependant, à côté des mobilisations populaires, il faut également souligner que les questions environnementales sont l'objet d'un consensus relativement fort entre les deux bords du champ politique états-unien.

Les alertes environnementales dans la presse circulent bien davantage à partir de la seconde moitié des années 1960 et le diagnostic sur les limites écologiques de la croissance qu'elles portent est de moins en moins remis en question, pour être majoritairement accepté comme prémisses la décennie suivante : c'est sur le terrain des réponses que le dissensus s'installe⁶³⁸. Les livres de Carson, *Silent Spring* (1962), et de Paul Ehrlich, *The Population Bomb* (1968), sont de considérables succès éditoriaux. Dans les milieux scientifiques et experts,

⁶³⁷ A. ROME, « “Give Earth a Chance”: The Environmental Movement and the Sixties », *The Journal of American History*, vol. 90, n° 2, 2003, p. 525-554

⁶³⁸ A. TRESPEUCH-BERTHELOT, « La réception des ouvrages d'alerte environnementale dans les médias français (1948-1973) », *Le Temps des médias*, n° 25, n° 2, 24 septembre 2015, p. 104-119 ; J. I. McEVOY, « The American Concern with the Environment », dans W. R. Burch, N. H. Cheek et L. Taylor (éd.), *Social Behavior, Natural Resources, and the Environment*, New York, Harper & Row, 1972, p. 214-236, cité dans

la métaphore du vaisseau spatial Terre (*Spaceship Earth*), dénotant à la fois la fragilité de la nature mais aussi son possible et souhaitable contrôle, est fréquemment employée dans les arènes scientifiques, techniques et politiques⁶³⁹.

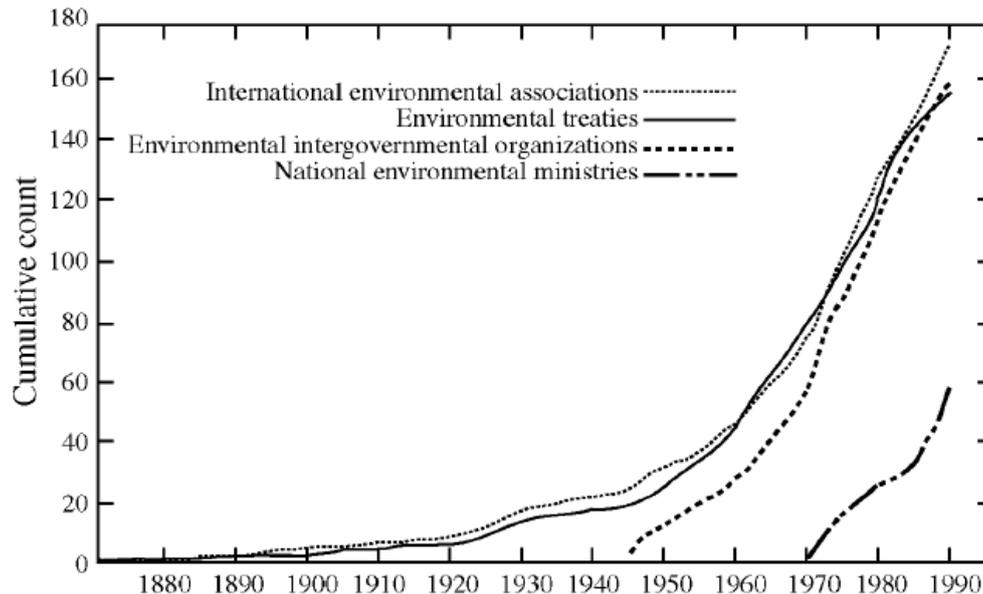


Figure 22 – Evolution du nombre d'activités environnementales de nature juridique et organisationnelle entre 1870 et 1990 selon Meyer et ses collègues⁶⁴⁰.

Durant ces deux décennies, de nombreux dispositifs législatifs sont actés par les gouvernements du monde occidental – quoique l'efficacité réelle de ces derniers puisse être questionnée⁶⁴¹. Sur le plan des organisations politiques (gouvernementale et non-gouvernementale) une large institutionnalisation s'opère (Figure 22). La plupart des ministères, ou organisations gouvernementales nationales, dédiés aux questions environnementales sont créés au début des années 1970, quelle que soit la couleur politique en place. La popularisation des questions environnementales, et en particulier sous l'angle de la protection des espèces et espaces naturels mais aussi de la pollution, s'élargit encore : le *Earth Day*, journée de manifestation populaire, rassemble 20 millions de personnes à sa première apparition le 22 avril 1970, ce qui constitue la plus grande manifestation de l'histoire des Etats-Unis d'Amérique. Plutôt qu'une « prise de conscience », ou un « un éveil de la conscience écologique » les années

⁶³⁹ R. S. DEESE, « The Artifact of Nature: 'Spaceship Earth' and the Dawn of Global Environmentalism », *Endeavour*, vol. 33, n° 2, 1^{er} juin 2009, p. 70-75

⁶⁴⁰ J. W. MEYER *et al.*, « The Structuring of a World Environmental Regime, 1870–1990 », *International Organization*, vol. 51, n° 4, 1997, p. 625

⁶⁴¹ F. JARRIGE et T. L. ROUX, *La Contamination du monde : Une histoire des pollutions à l'âge industriel*, *op. cit.*, p. 299-300

1960-1970 correspondent davantage à « une mutation des répertoires d'action marquée par le passage d'une tradition plutôt élitiste, œuvrant pour des régulations locales, à une approche plutôt militante et contestataire [...]»⁶⁴².

Après la conférence portée par l'UNESCO de 1968, intitulée « L'homme et la biosphère » (Man and the Biosphere (MAB)) et née sous l'impulsion de la Suède, les Nations unies organisent en 1972 la « Conférence des Nations unies sur l'environnement humain » qui débouche sur la création du Programme des nations unies pour l'environnement (PNUE). Elle est un marqueur de la montée du thème des pollutions et de la protection de la nature dans les arènes internationales tout en reprenant le principe de conciliation entre développement et biosphère énoncé par l'UNESCO en 1962⁶⁴³. Elle répond également à un autre impératif. En effet, comme l'a souligné Hamblin, le cadrage global des questions environnementales dans les instances internationales, et notamment à travers la conférence de Stockholm, répond à une stratégie états-unienne visant à conserver l'initiative sur ces thèmes, là où elles pouvaient servir d'appui à la critique de la Guerre du Vietnam⁶⁴⁴. Plus largement des rapports productifs du capitalisme, à la fois domestiques, mais aussi internationaux avec les revendications des pays du Sud⁶⁴⁵. Cependant, il faut aussi relever qu'à l'époque, du fait de la prévalence des modérés, le Parti Républicain est, davantage que Nixon lui-même et ce jusqu'au milieu des années 1970, favorable à la réglementation environnementale⁶⁴⁶.

Si le *momentum* de la « Conférence sur l'environnement humain » intègre les divers dispositifs législatifs et les discours environnementaux intergouvernementaux, il est également marqué par une série de rapports provenant du monde scientifique. Ces rapports, de moins en moins le fait d'acteurs singuliers, sont la plupart du temps élaborés par des scientifiques ou des experts en étroite relation avec des institutions politiques ou scientifiques. Ils sont des tentatives d'embrasser le maximum de signaux d'une crise environnementale contemporaine. C'est le cas du rapport du rapport *Man's Impact on the Global Environment*, par un groupe du MIT, remis à Washington en 1970⁶⁴⁷, ou encore du rapport *Only One Earth* de Barbara Ward et René Dubos, préparatoire à la conférence de Stockholm et commandité par Maurice Strong, hommes d'affaires du monde minier et pétrolier alors devenu secrétaire général de cette dernière auprès

⁶⁴² *Ibid.*, p. 319-320

⁶⁴³ Y. MAHRANE *et al.*, « De la nature à la biosphère », *op. cit.*

⁶⁴⁴ Le slogan « Give Earth a chance ! », est d'ailleurs une reprise du mouvement pacifiste opposé à la guerre du Vietnam : « Give Peace a Chance ! » A. ROME, « Give Earth a Chance », *op. cit.*, p. 525

⁶⁴⁵ J. D. HAMBLIN, *Arming mother nature*, *op. cit.*, p. 194-196

⁶⁴⁶ J. M. TURNER et A. C. ISENBERG, *The Republican Reversal: Conservatives and the Environment from Nixon to Trump*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 2018, p. 35-40

⁶⁴⁷ STUDY OF CRITICAL ENVIRONMENTAL PROBLEMS (SCEP) (éd.), *Man's impact on the global environment: Assessment and recommendations for action*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 1972

des Nations Unies⁶⁴⁸. Le rapport dit Meadow, intitulé *The Limits to Growth* (1972), réalisé par un groupe d'experts du MIT et commandé par le Club de Rome, connaît quant à lui le plus grand succès – à la fois par sa publicisation que par les controverses qu'il suscite par la suite⁶⁴⁹. Ce dernier, du point de vue du diagnostic, reste différent car il questionne la causalité de la crise environnementale à l'aide de modèles à des fins explicites d'anticipation, sans véritablement proposer de grand panorama environnemental.

C'est dans ce contexte que les sciences de la Terre sont sollicitées, ou cadrent leurs questions de recherche, afin de répondre à de nouveaux enjeux. Rendre compte de leur discours de justification à cet égard est intéressant, car les institutions internationales de recherche proposent d'autres types d'énoncés que les ouvrages d'alertes, ou que les rapports gouvernementaux, et traduisent un discours normé par un compromis entre des intérêts disciplinaires et un impératif de conviction des parties prenantes étatiques de l'époque. Ce faisant, ils fabriquent le discours institutionnel des sciences de la Terre légitime : non seulement du point de vue des questions méritant d'être traitées, mais aussi des bonnes justifications des activités entreprises, y compris pour les mondes sociaux et politiques⁶⁵⁰. Pour ce faire, examinons tout d'abord les programmes GARP, IBP et SCOR, tous trois orientés respectivement vers l'atmosphère, la biosphère et l'hydrosphère.

Au sein du GARP, la dimension que l'on pourrait qualifier d'environnementale reste minoritaire. L'étude du climat est surtout considérée à travers les progrès attendus en sciences de l'atmosphère, dont le développement reste l'objectif central. Cependant, dès 1970 dans les documents programmatiques, la question de la pollution par le dioxyde de carbone et des particules est explicitement mentionnée comme une des tâches du programme sous l'angle des propriétés radiatives de l'atmosphère quoique « les changements climatiques de la terre afférents qui pourraient en résulter ne soient pas connus. » En revanche, c'est par le développement des modèles numériques et la compréhension de la physique du climat qu'un tel objectif peut être atteint – et non par des études spécifiquement dédiées⁶⁵¹. De plus, à travers certains personnages comme Thomas Malone, la préoccupation au sujet de l'atmosphère

⁶⁴⁸ B. WARD et R. DUBOS, *Only One Earth: The Care and Maintenance of a Small Planet*, New York, Norton, 1972 ; STUDY OF CRITICAL ENVIRONMENTAL PROBLEMS (SCEP) (éd.), *Man's impact on the global environment*, op. cit.

⁶⁴⁹ D. H. MEADOWS *et al.*, *The Limits to Growth : a Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*, New York, Universe Books, 1972

⁶⁵⁰ C. A. MILLER, « Scientific Internationalism in American Foreign Policy: The Case of Meteorology, 1947–1958 », dans C. A. Miller et P. N. Edwards (éd.), *Changing the Atmosphere: Expert Knowledge and Environmental Governance*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 2001

⁶⁵¹ INTERNATIONAL COUNCIL OF SCIENTIFIC UNIONS (ICSU) et WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO), *Report of Planning Conference on GARP*, op. cit., p. 19-20

devient un des thèmes par lesquels le programme est thématiqué, mais sans véritable influence structurelle sur celui-ci⁶⁵².

Dans le domaine biologique, la situation est différente. Le thème principal de l'IBP est « la productivité biosphérique et le bien-être de l'Homme ». Contrairement au GARP, la fragilité de l'écosystème planétaire face aux activités humaines est explicitement mentionnée⁶⁵³. Déjà, dans le processus qui va déboucher sur l'IBP, la question écologique est réellement marquée et figure parmi les modes de légitimation du programme. Des problèmes « vitaux pour l'avenir de l'homme » doivent être résolus et cela ne saurait se faire « seulement par les moyens de l'information scientifique »⁶⁵⁴. A l'époque, il est ainsi envisagé que la collaboration internationale s'intéresse « au changement soudain » de l'environnement que « l'homme a produit depuis les dernières années [...] au travers de la croissance spectaculaire des populations humaines et du développement de la civilisation »⁶⁵⁵. Ces problèmes relèvent de la transformation dramatique des communautés biotiques, de l'accroissement de la productivité de ces mêmes communautés et des modifications, y compris génétiques, que produisent les activités humaines sur l'humanité. Sans doute, cela renvoie-t-il au fait que l'élaboration de l'IBP se déroule au moment d'une forte montée des mouvements et des préoccupations environnementaux dans les espaces publics nord-américains et européens. De plus, de par ses liens avec les institutions de conservation de la nature, le discours scientifique est plus enclin à mobiliser des arguments touchant à une utilité de ce registre. Kwa montre que les entretiens réalisés par l'administration états-unienne pendant la préparation de l'IBP laissent transparaître une conception de la nature comme un système homéostatique qui peut être contrôlé et géré en vue d'une grande productivité, mais qui doit rester en état d'équilibre sous peine d'une possible catastrophe. Une telle conception de la nature, liée à l'écologie systémique, permet de rendre compte tout à la fois des origines de la crise, des moyens de l'analyser et d'y répondre, ce qui a été particulièrement performant du point de vue de l'administration⁶⁵⁶.

⁶⁵² GARP, *Report of the Planning Conference on First Garp Global Experiment*, Genève, ICSU, WMO, GARP Special Report, 8, 1972

⁶⁵³ C. KWA, « Representations of Nature Mediating Between Ecology and Science Policy », *op. cit.*, p. 423

⁶⁵⁴ L'idée que la réponse à ces problèmes passe par l'accroissement de la connaissance est largement partagée par les acteurs de l'époque, ou du moins est très présente dans les discours de justification. F. E. SMITH, « The International Biological Program and the Science of Ecology », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 60, n° 1, 1968, p. 5-11

⁶⁵⁵ G. L. STEBBINS, « International Biological Program », *Science*, vol. 137, n° 3532, 7 septembre 1962, p. 768

⁶⁵⁶ L'historien Chunglin Kwa revient sur cette énigme : en effet, non seulement la prédominance de l'écologie dans l'IBP ne va pas de soi, mais la montée de l'écologie systémique a de quoi surprendre. Kwa suggère d'une part que les tenants de l'écologie systémique avaient l'habitude de solliciter l'Etat du fait de leur relation avec l'AEC, ils disposaient comparativement d'une expérience de l'administration des sciences bien supérieure à

Le programme SCOR est peut-être encore plus explicite quant à ses objectifs. Pour le saisir, il faut se pencher sur le grand sous-programme qu'il pilote, à savoir la Décennie Internationale de l'exploration océanique (IDOE). Assumant son pragmatisme, et s'éloignant en cela de la compétition des deux blocs, il s'agit de créer un espace de coopération internationale dont les buts sont définis, thématiquement et très généralement, en fonction de problématiques économiques. Plutôt que de justifier la nécessité d'un tel programme, par des arguments *ad hoc* portant sur les retombées économiques, ces aspects sont au contraire pleinement assumés. Cela a trait en partie au pilotage du programme assuré par l'IOC, dont la nature est intergouvernementale : ce sont les administrations nationales qui définissent les problèmes, le rôle des scientifiques étant cantonné à celui de conseillers – ce qui induit également une planification plus rigide et verticale⁶⁵⁷. Ainsi, d'une part, il s'agit de se pencher sur les variations climatiques, les effets des détritiques radioactifs et la productivité des ressources halieutiques, et d'autre part de décrire l'histoire de l'océan, cartographier les circulations océaniques, étudier la structure biologique des océans⁶⁵⁸. Il faut souligner l'importance que prennent les questions relatives aux activités, ou à l'existence, humaines : l'océan comme « réceptacle des déchets », notamment radioactifs, comme « source de protéines », comme contributeur du changement climatique⁶⁵⁹. Et cela se traduit par les trois premiers groupes de travail établis : mesure de la radioactivité artificielle ; mesure du CO₂ dans l'air et l'océan ; mesure de la productivité nette de la mer⁶⁶⁰. Ce pragmatisme apparaît dès la résolution de l'Assemblée générale des Nations unies en décembre 1968 appelant l'IOC à intensifier la coordination des recherches grâce à des programmes d'« exploration mondiale des océans et de leurs ressources⁶⁶¹. »

Comme l'observe l'historienne Helen Rozwadowski, les océans promettaient le développement d'une industrie de pointe, la possibilité de vastes quantités de ressources en tout genre (allant du burger de plancton aux nodules, en passant par l'élevage de phoque sous-marin, les médicaments, l'eau douce, les minéraux etc.) et de nombreux défis scientifiques d'un des derniers endroits sur Terre soustrait au regard des instruments⁶⁶². Et il ne s'agissait pas

celle de leurs collègues. Ils furent donc capables de se placer en bonne position dans les arènes de décision et de planification de l'IBP au niveau américain. C. KWA, « Representations of Nature Mediating Between Ecology and Science Policy », *op. cit.*, p. 425-426

⁶⁵⁷ J. D. HAMBLIN, *Oceanographers and the cold war*, *op. cit.*, p. 244-252

⁶⁵⁸ *Ibid.*, p. 112 ; T. WOLFF, *The Creation and First Years of SCOR (Scientific Committee on Oceanic Research)*, SCOR, coll. « SCOR History Report », 2010, p. 24-29

⁶⁵⁹ T. WOLFF, *The Creation and First Years of SCOR (Scientific Committee on Oceanic Research)*, *op. cit.*, p. 35

⁶⁶⁰ *Ibid.*, p. 43

⁶⁶¹ Cité dans J. D. HAMBLIN, *Oceanographers and the cold war*, *op. cit.*, p. 253

⁶⁶² Helen. M. ROZWADOWSKI, *Vast expanses*, *op. cit.*, p. 161-171

seulement de profiter, durant la Guerre froide, des projets de réacteurs nucléaires, capables de créer des remontées d'eau océaniques, comme suggéré par une étude pilote de l'Académie Nationale des sciences états-unienne en 1969⁶⁶³.

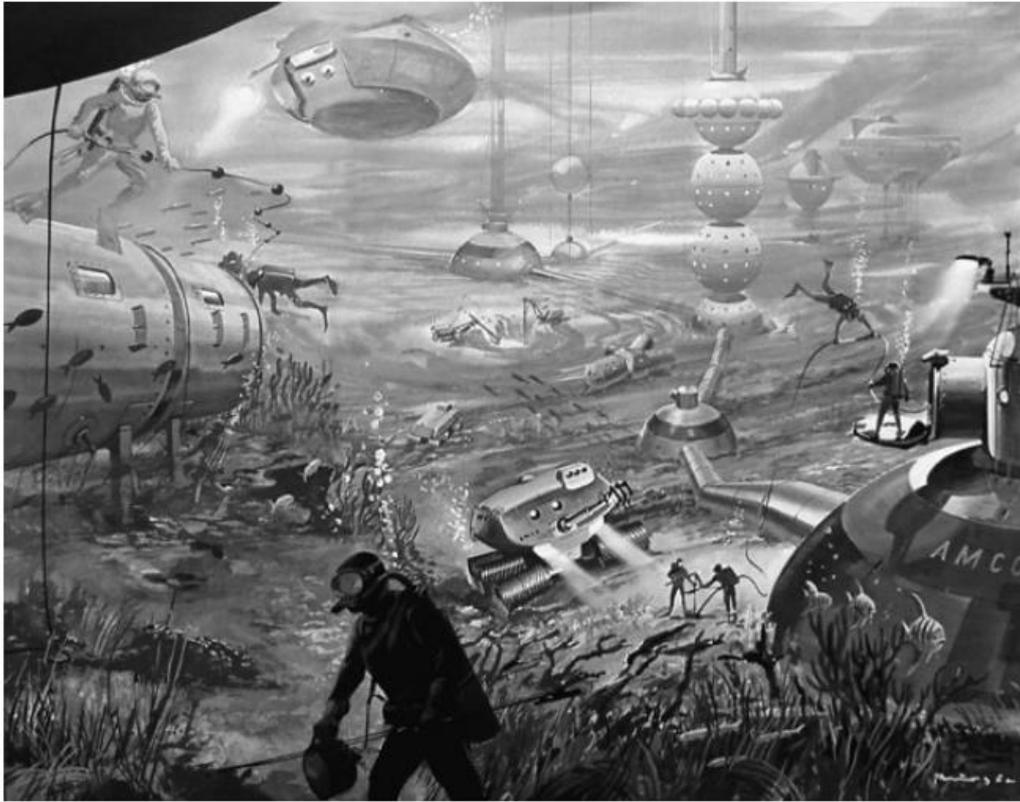


Figure 23 – City under the Sea, par Klaus Bürgele en 1964⁶⁶⁴.

Dans le rapport de mi-parcours de la décennie, l'objectif des programmes qui sont réalisés au sein de l'IDOE est clairement alors explicite « d'accroître les connaissances relatives à l'océan, à son contenu, au contenu de son sous-sol, à ses interfaces avec la terre, à l'atmosphère et aux fonds marins, et d'améliorer la compréhension des processus qui se déroulent en milieu marin ou qui influent sur ce milieu, afin de tirer meilleur parti de l'océan et de ses ressources au profit de l'humanité »⁶⁶⁵. Et le rapport d'ajouter que cela « ne signifie pas simplement une exploitation accrue » mais « une planification et une gestion rationnelle de cette exploitation⁶⁶⁶. » Les quatre domaines thématiques retenus sont : la prévision, « y compris la prédiction à long terme du temps et du climat » ; la « qualité de l'environnement marin » ; les « ressources du fond des mers et de leur sous-sol » ; les « ressources biologiques », y compris

⁶⁶³ *Ibid.*, p. 171

⁶⁶⁴ Figure extraite de *Ibid.*, p. 164

⁶⁶⁵ COMMISSION Océanographique Intergouvernementale, *La Décennie internationale de l'exploration océanique (DIEO) 1971-1980*, op. cit., p. 3

⁶⁶⁶ *Id.*

dans leur dimension écologique⁶⁶⁷. Contrairement à d'autres programmes, l'IDOE n'est pas conçue selon une planification qui ferait jouer tous ses acteurs de façon coordonnée dans un but précis. Il n'y a pas de problème ou de région particulière à étudier, mais il s'agit plutôt d'une collection de nombreux projets qui répondent à une visée générale à condition qu'ils soient multinationaux, qu'ils comportent un objectif de transmission de données et que des scientifiques des pays du Sud y soient conviés⁶⁶⁸.

Les projets présentés, dont nous avons évoqué certains aspects au chapitre précédent, prennent en compte l'action humaine dans les quatre thématiques principales. Un des projets les plus importants, NORPAX (North Pacific Experiment), cartographie des phénomènes physiques qui donnent lieu aux fluctuations des océans et de l'atmosphère dans le Nord du Pacifique à l'aide d'observations et de modélisation numérique. L'enjeu est alors de saisir les paramètres déterminant le climat d'Amérique du Nord, notamment dans la mesure où il influe sur les sociétés humaines. CLIMAP se focalise sur l'histoire longue du climat en sondant les sédiments profonds y compris pour « évaluer ou [...] prévoir les effets de l'activité de l'homme sur l'environnement global »⁶⁶⁹. Envisagé comme une enquête sur la « qualité de l'environnement marin », le programme de géochimie GEOSECS est quant à lui conçu pour tracer pour la première fois les constituants chimiques des océans, « le long de sections allant de l'Arctique à l'Antarctique, dans l'Atlantique et le Pacifique »⁶⁷⁰. Ce programme, qui prend en compte la pollution nucléaire des océans, est fondateur pour le champ naissant de la géochimie marine⁶⁷¹. Mais les questions environnementales sont aussi abordées par l'étude de la contamination par des hydrocarbures halogène synthétiques (BPC, DDT par exemple) et par des hydrocarbures pétroliers – notamment dus aux marées noires. CEPEX doit examiner les effets des polluants sur des communautés biologiques dans des « grandes enceintes

⁶⁶⁷ *Ibid.*, p. 9-10. A propos de ces dernières, il est mentionné que « L'océan pourrait fournir des quantités considérables de produits alimentaires, mais celles que l'on peut y récolter systématiquement et régulièrement sont limitées. C'est pourquoi une exploitation optimale des ressources renouvelables de la mer est conditionnée par ce qu'on sait de sa productivité naturelle, par les différences d'une région à l'autre, l'efficacité du transfert d'énergie, par photosynthèse, des plantes aux espèces exploitées, et la dynamique de peuplement et le rendement régulier maximal de différentes espèces. On ne pourra prendre de décision bien fondée sur la gestion de ces ressources tant qu'on ne connaîtra pas mieux l'influence de la température, des courants, des polluants et des conditions atmosphériques sur la vie océanique. » *Ibid.*, p. 43

⁶⁶⁸ B. von BODUNGEN, K. TURNER, et DAHLEM WORKSHOP (éd.), *Science and integrated coastal management: report of the 85th Dahlem Workshop on Science and integrated management, Berlin, December 12-17, 1999*, Berlin, Dahlem University Press, 2001, p. 10 ; J. D. HAMBLIN, *Oceanographers and the cold war*, *op. cit.*, p. 254

⁶⁶⁹ COMMISSION Océanographique Intergouvernementale, *La Décennie internationale de l'exploration océanique (DIEO) 1971-1980*, *op. cit.*, p. 17-18

⁶⁷⁰ *Ibid.*, p. 30

⁶⁷¹ M. ROY-BARMAN et C. JEANDEL, *Marine Geochemistry: Ocean Circulation, Carbon Cycle and Climate Change*, New York, Oxford University Press, 2016

expérimentales » qui consistent un des cylindres placés en mer de 3 mètres de diamètre et 20 mètres de long⁶⁷². De plus, dans le cadre de la Décennie, un groupe d'étude sur la pollution en milieu marin (GIPME) est instauré sous le patronage de l'OIC.

Ainsi, quoique de manière différenciée, dans les discours afférents aux programmes des savoirs de la Terre des années 1970 apparaît une rhétorique double : à la fois gestion rationnelle de la Terre visant l'augmentation de sa productivité, tout en promouvant l'investigation des altérations environnementales provoquées par les activités humaines. De ce point de vue, il y a encore, c'est-à-dire dans la continuité du discours de rationalisation de l'usage des ressources des années 1940 et 1950, une identification de la Terre comme lieu de ressources qu'il faut légitimement exploiter mais à travers un usage guidé par la raison et la science – qui pourvoie à la fois les moyens de la croissance économique et des alertes concernant les dégâts engendrés par celle-ci. Mais il y a déjà, explicitement et au niveau programmatique, l'identification d'un besoin de positivités au sujet de l'agir humain qui est commensurable à l'objet global des programmes⁶⁷³.

11.2 Le cas SCOPE

La tendance à la fabrication de panoramas synoptiques de la Terre devient en elle-même l'objet d'un investissement institutionnel de la part de l'ICSU lorsque ce dernier lance en 1969 le Comité scientifique sur les problèmes environnementaux (Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE))⁶⁷⁴. Dénué de toute velléité d'investigation scientifique, l'objet de SCOPE consiste à concevoir des évaluations générales des principaux problèmes environnementaux à destination du monde politique. En ce sens SCOPE est intéressant car il donne à voir l'état des lieux des savoirs et des discours scientifiques autant que leurs cadrages particuliers dans le contexte institutionnel international. De plus, il représente la première institution adossée à une organisation scientifique internationale à formuler des panoramas généraux et transdisciplinaires de l'environnement global, en ce sens héritier de l'Année géophysique internationale mais orienté par une volonté diagnosticienne, sur laquelle repose

⁶⁷² COMMISSION Océanographique Intergouvernementale, *La Décennie internationale de l'exploration océanique (DIEO) 1971-1980, op. cit.*, p. 27-28

⁶⁷³ Le « encore » et le « déjà » dénotent un gradient par rapport à des attentes historiographiques, et non pas par rapport à un jugement historiographique.

⁶⁷⁴ SCOPE est créé sur l'impulsion d'un rapport dirigé par Thomas F. Malone et sur les recommandations de plusieurs unions internationales de scientifiques : l'Union internationale de géophysique (IGU), l'IUGG et l'IUBS, l'Union internationale de chimie pure et appliquée (IUPAC) et Comité scientifique du BPI (SCIBP). G. F. WHITE, « SCOPE: The First Sixteen Years », *Environmental Conservation*, vol. 14, n° 1, ed 1987, p. 7

largement le discours anthropocénique des années 2000 et 2010.

Les fonctions officielles de SCOPE relèvent essentiellement de l'animation des sciences : promouvoir et coordonner la recherche, conseiller l'ICSU, conseiller les agences de l'ONU et d'autres agences non gouvernementales, prendre en charge les opérations d'un International Centre for the environment (ICE) et promouvoir la sensibilisation publique. La structure organisationnelle est habituelle : un petit groupe exécutif, un secrétariat permanent et quatre commissions consultatives : sur la surveillance, l'évaluation de la biosphère et de la technosphère, les prédictions quantitatives et les évaluations sociales et économiques⁶⁷⁵. La définition des thèmes de SCOPE est très large dès le début, et embrasse les grands domaines qui agitent les réseaux scientifiques internationaux : cycles biogéochimiques, limites des ressources naturelles, aspects environnementaux de l'habitat humain, écotoxicologie, simulation et modélisation des systèmes environnementaux, communication et information environnementales. Financé par des organisations intergouvernementales (PNUE, UNESCO, WHO, Commission économique européenne), des fondations privées (Carnegie, Ford, Mellon Rockefeller) et des grandes entreprises (Exxon, Mobil et Shell⁶⁷⁶), SCOPE participe, au cours de ses trois décennies d'existence, à l'élaboration de plusieurs programmes internationaux, dont IGAC (International Global Atmospheric Chemistry), GCTE (Global Change and Terrestrial Ecosystems), DIVERSITAS et IGBP mais contribue également à la circulation des questions environnementales dans les arènes internationales.

Par exemple, l'institution fonde en 1983 le Committee for the Assessment of the Environmental Consequence of Nuclear War (EUNWAR) pour saisir les conséquences climatiques, atmosphériques et écologiques d'une guerre nucléaire. S'étalant sur trois années, cet organisme organise 17 réunions de travail, mobilisant près de trois cent scientifiques d'une trentaine de pays et produit un double rapport accompagné d'un ouvrage qui participe largement à la publicisation de ce thème⁶⁷⁷. SCOPE a également été instigateur de la conférence de 1985 à Villach, en Autriche, rencontre qui a joué un rôle déterminant dans la création du GIEC sous les auspices de l'ICSU, du WMO et du PNUE en 1988⁶⁷⁸. Si SCOPE détient un rôle

⁶⁷⁵ *Ibid.*, p. 7-8. Toutefois, le CIE n'est finalement pas mis en place. *Ibid.*, p. 8. White note à son propos des difficultés de définition de son périmètre, notamment par rapport au programme de l'UNESCO Man and the Biosphere (MAB). Il est alors décidé de préciser le domaine d'activité de SCOPE. *Ibid.*, p. 9-10. Nous revenons sur ce point ci-après.

⁶⁷⁶ F. GREENAWAY, *Science internationale*, *op. cit.*, p. 1980. Exxon et Mobil fusionnent en 1999 pour donner naissance à la compagnie pétrolière aujourd'hui connue sous le nom d'ExxonMobil.

⁶⁷⁷ Environmental Consequences of Nuclear War VOL I ; Environmental Consequences of Nuclear War VOL II. L. DOTTO, *Planet Earth in Jeopardy: Environmental Consequences of Nuclear War*, Chichester ; New York, John Wiley & Sons, 1986

⁶⁷⁸ F. GREENAWAY, *Science internationale*, *op. cit.*, p. 181-182

organisationnel important, son travail de publication donne à voir l'évolution du cadrage des questions environnementales globales dans la sphère scientifique.

Au sein du premier rapport, à l'adresse de la Conférence des Nations Unies de 1972 à Stockholm, SCOPE met essentiellement en avant l'absence de connaissances au sujet des questions environnementales et appelle l'ONU à la fondation d'un système de surveillance environnemental global (Global Environmental Monitoring System (GEMS)). Ce système est destiné à capturer ce qui est alors réputé concerner des changements environnementaux *globaux* : les conséquences de l'usage des sols, la pollution par des substances toxiques et le changement climatique. Ces changements qui doivent être l'objet d'une surveillance globale se distinguent selon ce rapport d'autres processus moins propres à un tel regard : évolution de la population mondiale, évolution de la perception de l'environnement, eutrophisation des eaux, ratification de l'eau douce, catastrophes naturelles⁶⁷⁹. Se dessine ainsi un environnement global en tant que source de menaces potentielles, ou espace de vulnérabilité, se fondant sur un critère d'échelle des processus pour procéder à un tri sur ce qui relève du global ou pas ; l'environnement global n'est donc pas la somme de ce qui est touché par les activités humaines, mais possède de sa propre spatialité.

Lorsque la première phase du projet est lancée en 1973, GEMS inclut l'observation de l'atmosphère, des océans, des lacs et des nappes phréatiques, des sols, des forêts et de la couverture végétale, de l'eau potable et de la nourriture⁶⁸⁰. Cependant, GEMS évolue par la suite vers une structure plus précise incluant cinq composantes principales : climat, déplacement de polluants, santé et pollution, océans et ressources renouvelables. Ce « système » diffère profondément de celui mis en place dans le cadre du GARP dans la mesure où il consiste plutôt en un réseau tissé de laboratoires nationaux et régionaux et non pas d'une infrastructure élaborée internationalement⁶⁸¹. SCOPE institue néanmoins un cadre général du recueil des données puisque le concept de surveillance (*monitoring*) est défini comme « processus visant à l'observation répétée, en vue d'objectifs définis, d'un ou de plusieurs [...] indicateurs de l'environnement suivant un calendrier préétabli dans le temps et dans l'espace, et utilisant des méthodologies comparables s'agissant des instruments de mesure et de la collection des données⁶⁸². » Si le réseau GEMS n'est pas comparable aux infrastructures d'observation satellitaires et ne donne pas lieu en lui-même à l'accumulation de panoramas

⁶⁷⁹ SCOPE, *Global Environmental Monitoring*, Stockholm, ICSU, SCOPE Report, n°1, 1971, p. 21-22

⁶⁸⁰ *Ibid.*, p. 6

⁶⁸¹ M. D. GWYNNE, « The Global Environment Monitoring System (GEMS) of UNEP », *Environmental Conservation*, vol. 9, n° 1, ed 1982, p. 35-41

⁶⁸² SCOPE, *Global Environmental Monitoring*, op. cit., p. 13

synoptiques de la Terre, une partie des rapports du SCOPE laissent entrevoir comment, au cours de ses deux premières décennies d'exercice, SCOPE saisit l'environnement global comme objet total à partir de la biogéochimie. De plus, GEMS peut également être interprété comme étape intermédiaire entre la surveillance de la Terre de la guerre froide et la surveillance à caractère environnemental⁶⁸³.

Les rapports que SCOPE publie entre les années 1970 et 1990 peuvent se classer en trois catégories : les rapports méthodologiques, les états des lieux régionaux et les états des lieux globaux. Cette dernière catégorie représente à peu près un tiers du nombre total des rapports émis par SCOPE. Parmi ces rapports, le thème majoritaire est celui des cycles biogéochimiques et non pas ceux des pollutions, du changement climatique ou encore de l'écologie. C'est précisément ce thème qui domine largement lorsque SCOPE traite de la Terre à l'échelle globale au sein de ses rapports jusqu'au milieu des années 1980 (Tableau 13).

Global Environmental Monitoring	1971
Global Environmental Monitoring System (GEMS). Action Plan for Phase I	1973
Environmental Impact Assessment	1975
Nitrogen, Phosphorus and Sulphur: Global Cycles	1976
Environmental Issues	1977
The Global Carbon Cycle	1979
Carbon Cycle Modelling	1981
Some Perspectives of the Major Biogeochemical Cycles	1981
The Global Biogeochemical Sulphur Cycle	1989
The Major Biogeochemical Cycles and their Interactions	1983
The Role of Terrestrial Vegetation in the Global Carbon Cycle Measurement by Remote Sensing	1984
Noise Pollution	1986
Climate Impact Assessment	1985
Environmental Consequences of Nuclear War VOL I	1985
Environmental Consequences of Nuclear War VOL II	1985
The Greenhouse Effect, Climatic Change and Ecosystems	1986
Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment	1987
Land Transformation in Agriculture	1987
Scales and Global Change: Spatial and Temporal Variability in Biospheric and Geospheric Processes	1988
Biological Invasions - A Global Perspective	1989
Evolution of the Global Biogeochemical Sulphur Cycle	1989
Biogeochemistry of Major World Rivers	1990

Tableau 13 – Liste des publications de SCOPE entre 1970 et 1990 concernant les problématiques environnementales à l'échelle globale. Les couleurs désignent : bleu

⁶⁸³ S. BOUDIA, « Observing the Environmental Turn through the Global Environment Monitoring System », dans S. Turchetti et P. Roberts (éd.), *The Surveillance Imperative: Geosciences during the Cold War and Beyond*, New York, Palgrave Macmillan US, 2014, p. 195-212

pour les changements environnementaux globaux en général ; orange pour la biogéochimie ; jaune pour le changement climatique ; le violet pour les pollutions ; rose pour le nucléaire. Pour consulter les références, voir en bibliographie.

SCOPE promeut explicitement la biogéochimie jusqu'aux années 1980 à travers un programme dédié spécifiquement à ces questions. On peut rendre compte de ce cadrage en tenant compte de la manière dont SCOPE a défini son périmètre de discours. En effet, à ses débuts, il était reproché à SCOPE de produire un travail redondant notamment avec celui effectué par le programme de l'UNESCO Man and the Biosphere (MAB), qui traitait plus amplement des questions écologiques, mais aussi avec d'autres organisations⁶⁸⁴. Les questions biologiques, océaniques et climatiques étant déjà l'objet d'investigation par d'autres organes de la recherche internationale, la biogéochimie devient un domaine de prédilection car peu traité par ailleurs. Le lancement d'un projet dédié à la « biogéochimie globale » sous les auspices de SCOPE est discuté lors d'une conférence à Paris en 1973 et reçoit rapidement le soutien de nombreux comités scientifiques nationaux de SCOPE ainsi que de son Comité exécutif. En décembre 1975, le comité suédois de SCOPE obtient le soutien de l'Académie royale des sciences suédoise et de Shell, qui financent le premier congrès sur les cycles biogéochimiques. Celui-ci donne lieu à la première publication de SCOPE sur ce sujet en 1976 et se présente comme une revue de la littérature générale sur les grands cycles biogéochimiques. Avec le soutien de l'URSS, SCOPE détaillera en particulier le cycle du soufre, mais les autres cycles seront pareillement examinés. En effet, le programme vise d'abord à réaliser des bilans pour chaque grand cycle (carbone, azote, phosphore et soufre). Suite à cette première phase et avec le concours du PNUE, SCOPE établit des « unités » de recherche : « unité azote » à l'Académie des sciences de Suède, « unité carbone » à l'université de Hambourg (avec un auxiliaire à Stockholm, Bruxelles, Essen et Woods Hole), « unité soufre » à l'Institut de biochimie et de physiologie des microorganismes de l'Académie des sciences de Pouchtchino, près de Moscou. Une troisième étape est programmée pour les années 1980, mais dont les premières ébauches sont formulées au cours d'un symposium en 1979 à Stockholm, et consiste à étudier les interactions entre les différents cycles suscités⁶⁸⁵.

⁶⁸⁴ G. F. WHITE, « SCOPE », *op. cit.*, p. 10. White détaille les critères d'encadrement de SCOPE définis au milieu des années 1970 : 1) pas d'engagement dans la recherche de terrain ou laboratoire, il s'agit de « simuler de nouvelles approches, synthétiser l'information existante, organiser des synthèses équilibrées, et souligner les besoins les plus importants en matière de recherche ; 2) traiter des « problèmes scientifiques qui ont une importance majeure sur la scène environnementale mondiale ; 3) se concentrer sur des problèmes dont on peut entrevoir « une promesse d'action réalisable » ; 4) activités qui sont « authentiquement internationales, non gouvernementales, et interdisciplinaires. » ; 5) Éviter les problèmes qui sont clairement dans le spectre d'autres organisations, notamment MAB et IUCN, ou par les « comités scientifiques concerné par l'Antarctique, les océans et l'espace ».

⁶⁸⁵ SCOPE, *Some Perspectives of the Major Biogeochemical Cycles*, Chichester ; New York, ICSU ;

Le paradigme biogéochimique a la capacité de saisir d'autres questions environnementales qui pourraient sembler thématiquement divergentes. En effet, la question du changement climatique peut être abordée à partir de l'examen du cycle du carbone ; les questions des pluies acides, des aérosols et d'autres pollutions peuvent se rapporter au cycle du soufre ; les questions d'appauvrissement du sol et de l'eutrophisation correspondent au cycle de l'azote ; la question de la productivité agricole aux cycles du phosphore et de l'azote. Ainsi, la biogéochimie permet non seulement de saisir conceptuellement la Terre comme un environnement global au sein duquel circulent des flux de matière, cette circulation incluant des processus donnant lieu à divers phénomènes qu'il est possible de mesurer et de décrire ; mais d'autres grandes problématiques environnementales peuvent être incorporées dans l'analyse des cycles biogéochimiques. En particulier, le cadre de la biogéochimie permet d'analyser l'action humaine au sein des grands cycles de matière, à côté des processus dits naturels, dans la mesure où cette activité est épistémiquement commensurable aux autres processus biologiques et physico-chimiques qui jalonnent ces cycles. Cette manière de cadrer, tout en les incluant, les questions environnementales, entendues comme conséquences des activités humaines sur des flux de matière, est exactement ce que donnent à voir les rapports de SCOPE. A ce titre, les figurations des cycles biogéochimiques sont édifiantes (Figure 24).

De plus, il ne s'agit pas seulement d'incorporer les activités humaines le long des chaînes biogéochimiques, mais également de diagnostiquer, principalement par la quantification, leur place au sein de ce grand concert des éléments chimiques – principalement C, N, P et S. A ce titre, il devient progressivement évident que les activités humaines produisent des flux de matière qui sont loin d'être négligeables par rapport aux autres processus engagés dans les grands cycles. Bert Bolin, qui participe à un symposium de biogéochimie organisé par SCOPE affirme par exemple au début des années 1980 : « La distorsion des cycles par les activités humaines est désormais équivalente, voire dépasse, les flux naturels de certains éléments (par exemple le soufre et le carbone) ou processus (par exemple l'érosion)⁶⁸⁶. » La commensurabilité matérielle des activités humaines par rapport aux processus biogéochimiques de la Terre semble ainsi actée.

Wiley, SCOPE Report, n°17, 1981, p. ix.

⁶⁸⁶ *Ibid.*, p. xi

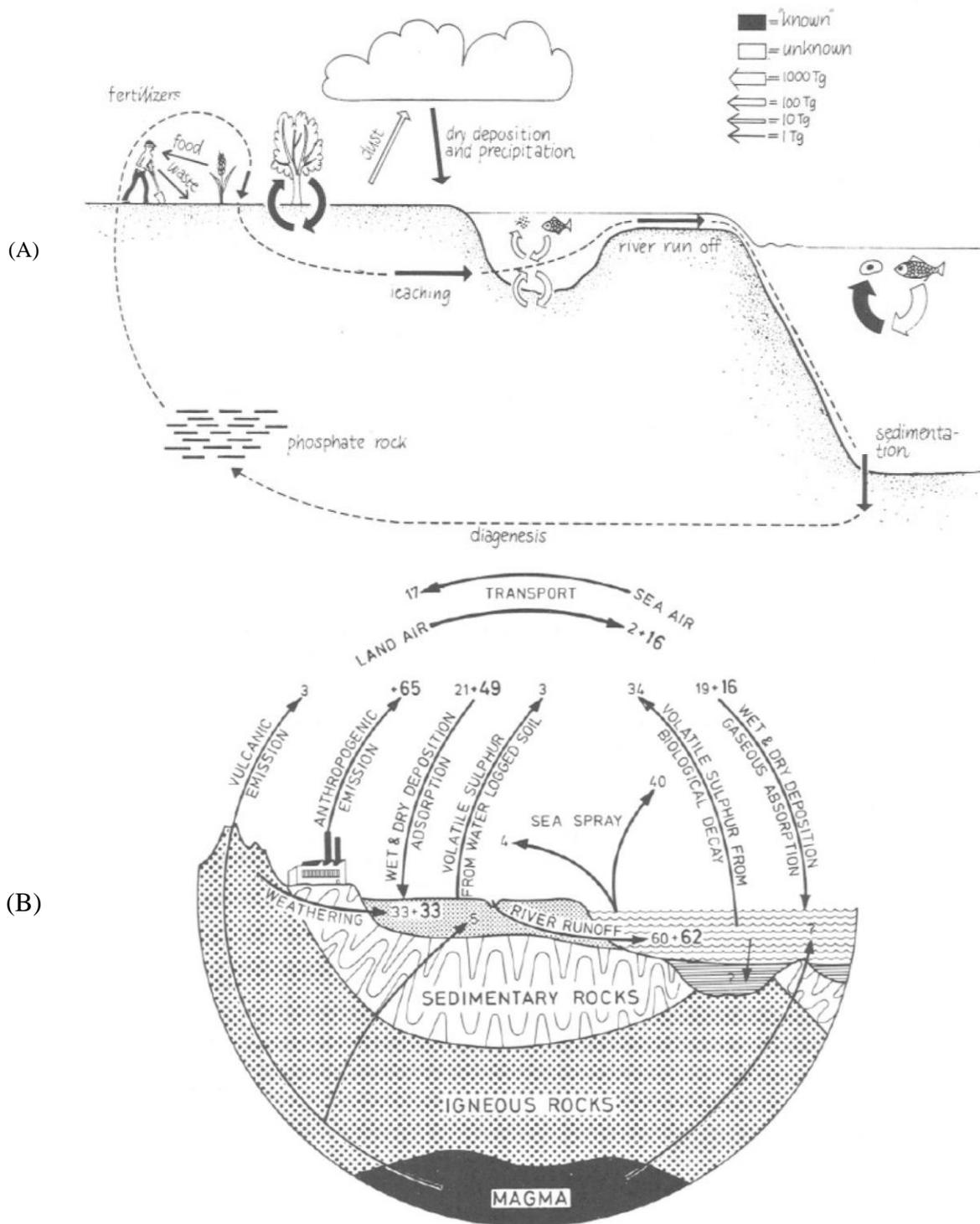


Figure 24 – Représentations des cycles du phosphore (A) et du soufre (B) dans le septième rapport de SCOPE⁶⁸⁷.

Ainsi, le programme des cycles biogéochimiques participe-t-il à l'élaboration d'un

⁶⁸⁷ SCOPE, *Nitrogen, Phosphorus and Sulphur: Global Cycles*, Stockholm, ICSU, SCOPE Report, n°7, 1976, p. 77 et 94

environnement global défini selon ses principes, aux côtés des champs mieux connus que sont la climatologie, l'océanographie ou l'écologie. Et c'est cette façon de comprendre l'environnement global qui préside à la fondation d'un programme de recherche international dont nous éluciderons l'importance, l'International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP). De plus, SCOPE thématise dès le milieu des années 1970 l'ampleur de l'action humaine sur le globe. Dans le cinquième rapport, *Environmental Impact Assessment*, l'action humaine est qualifiée sur une temporalité longue mais le contemporain se distingue par son ampleur : « [...] l'influence humaine a atteint un degré d'intensité sans précédent et affecte le monde entier, à cause d'une population qui s'est immensément accrue et d'une plus haute consommation par individu. » Mais il y a plus : « L'intervention humaine [sur son environnement], par exemple par la déforestation, les mines à ciel ouvert, la construction de grands barrages et par la déviation des cours d'eau, est devenue une force à l'échelle géologique⁶⁸⁸. » Ainsi s'avère-t-il que, via l'élaboration de panoramas environnementaux incluant la quantification de l'action humaine à l'échelle du globe, l'agir géologique de l'humanité est ainsi explicité dans les arènes scientifiques internationales, dès les années 1970.

11.3 Conclusion

Au cours des années 1970, s'institutionnalise au niveau des communautés des sciences de la Terre, le diagnostic environnemental global. Celui-ci est bien entendu déjà une figure qui circule dans l'espace public et qui participe de la culture environnementaliste de l'époque. Au cours des années 1980, cette tendance va sembler s'amplifier touchant ainsi le second processus : c'est comme si c'était désormais cette volonté diagnosticienne qui présidait à la justification de l'enquête se donnant pour objet explicite l'environnement global unifié sous la figure du « système Terre ». En effet, là où la construction des signes se rapportait surtout à la juxtaposition d'environnement globaux, comme objets épistémiques plus ou moins distincts mais trouvant des passages de transdisciplinarité, la figure du « système Terre » se trouve justifiée par la nécessité impérieuse d'enquêter sur ce qu'il est alors convenu d'appeler le changement global (*global change*), terme clé qui caractérise les conséquences globales de l'agir humain, aux côtés des changements dits naturels, et qui préside aux transformations institutionnelles et épistémiques dans les sciences de l'environnement global à ce moment. Trois décennies plus tard, la notion d'Anthropocène sera largement tributaire de ce tournant

⁶⁸⁸ SCOPE, *Environmental Impact Assessment: Principles and Procedures*. : SCOPE Workshop on Impact Studies in the Environment (WISE), Stockholm, ICSU, SCOPE Report, n°5, 1975

diagnostic, où le régime scopique de la Terre est unifié sous les questions de recherche d'un champ qui lui-même se trouve un impératif d'unification, ou d'intégration, sous le terme de « sciences du système Terre ». C'est sur ce tournant qu'il faut désormais nous pencher.

Le « système Terre » états-unien

Many scientists believe that it is urgent for us to pursue such a Mission to Planet Earth — that preserving our economy, quality of life, and perhaps even existence will depend on our ability to accurately predict global change⁶⁸⁹.

— NASA, 1989

Le chapitre précédent a souligné des éléments généalogiques de l'environnement global liés à la prise en compte des activités humaines dans les institutions scientifiques internationales, notamment, pour ces dernières, par le prisme des activités de SCOPE. Il ne s'agissait pas d'en faire l'origine du discours des questions environnementales globales, mais plus simplement de voir comment une caractérisation de l'agir environnemental était positivement thématifiée par une formation sociale particulière mais centrale dans la production du discours savant. Or, si l'on prend acte que la thématification des enjeux environnementaux globaux comprend déjà, dans les années 1970, la commensurabilité de l'agir humain avec le globe, que devient cette thématification par la suite ?

Alors que la période précédente correspond à une invention plurielle des environnements globaux (sur fond d'un présupposé plus ou moins implicite d'une unité physique du globe et des processus qu'y s'y déploient) ainsi qu'à une montée de l'alerte environnementale globale « panoramique », plus ou moins hétérogène du point de vue des pratiques disciplinaires, à partir des années 1980 s'opère leur unification autour *d'un même*

⁶⁸⁹ AD HOC REVIEW TEAM ON PLANET EARTH TECHNOLOGIES, *Technology for the Mission to Planet Earth*, Redondo Beach, California, NASA, Technical Memorandum, 19920018979, 1989, p. 1

objet, le « système Terre », *d'un même champ épistémique* qui se constitue conjointement à cet objet à savoir : les « sciences du système Terre » (SST) et enfin et surtout *d'un même problème* auquel ces derniers répondent à savoir le « changement global ». Cette étape est fondamentale pour saisir la nature des discours touchant à la notion d'Anthropocène au début du XXI^e siècle. Il en va de l'élucidation de ses modes de justification : systématisme de fonctionnement de la Terre, comportement non-linéaire, existence de « points de bascule » (« *tipping points* »), mais aussi panoramas environnementaux et mise en récit de l'avènement de l'humanité comme force géologique. En somme, la plupart des composantes pré-individuelles de l'énonciation de la notion d'Anthropocène sont alors constituées dans le discours des SST – en plus de l'usage informel de ce terme à cette époque par certains acteurs des SST, dont Eugene Stoermer, microbiologiste et coauteur de l'article de 2000 avec Crutzen.

Ces processus correspondent en outre à un moment d'effervescence institutionnelle important du tournant des années 1970. Quoique nombre d'institutions internationales environnementales ou en rapport avec les savoirs de la Terre soient constituées avant la fin des années 1970, c'est au cours des années 1980 que, comme nous le verrons, de nouvelles institutions sont créées autour d'une nouvelle conception unificatrice du global (Figure 25).

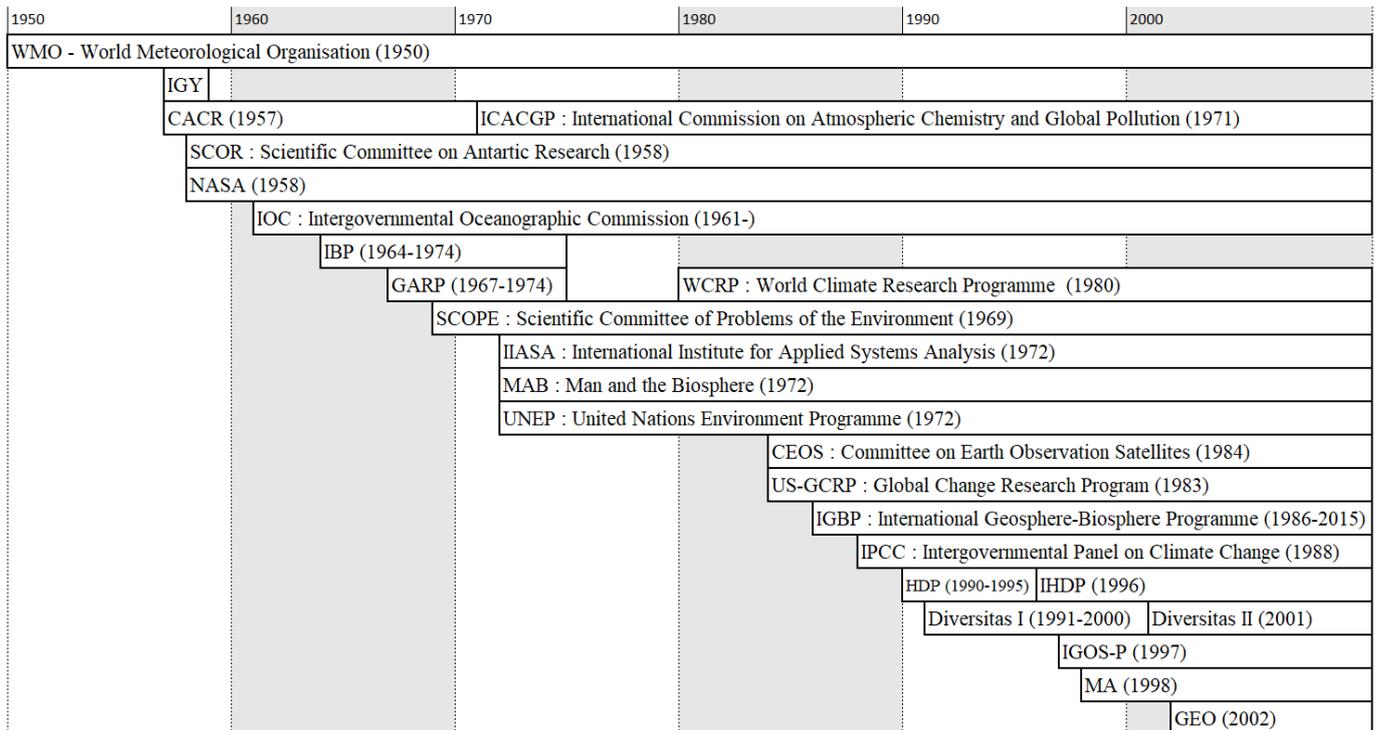


Figure 25 – Chronologie représentant les principaux programmes de recherche portant sur l'environnement global entre 1950 et 2010. Les noms manquants sont par ordre chronologique : International Geophysical Year (IGY (1957-58)) ; Commission on Atmospheric Chemistry and Radioactivity (CACR) ; International Biological Programme (IBP) ; Global Atmospheric Research Program (GARP) ; Human Dimensions Programme (HDP) ; International Human Dimensions

Si, au cours de la période précédente, l'émergence de l'environnement global s'articulait à une volonté opérationnelle et opérative, les années 1970 se présentent comme une transition dans les savoirs environnementaux dont les activités SCOPE constituent une fenêtre d'observation. En effet, l'objet explicite du dispositif qui s'invente est moins de connaître pour agir au sein de cet espace, et moins d'agir sur cet espace lui-même afin d'en convoquer des puissances, que de connaître les conséquences globales d'un agir appelant une nouvelle forme de l'action environnementale globale. En cela, les travaux de SCOPE se présentent comme un symptôme de ce renversement : par leur effort de diagnostic, ils mettent en avant un état du monde modifié par les activités humaines, recensent les principaux maux écologiques à l'échelle globale et tentent de dresser l'inventaire des outils épistémiques pour s'en saisir.

La description du discours afférent au « changement global » prend acte que les objets qui y sont définis ne préexistent pas à leur définition au sein d'institutions précises qui émergent au cours des années 1980. Ainsi nous tâchons de restituer la généalogie du « système Terre » en tant que catégorie de savoir émergeant dans les réinventions institutionnelles des années 1980. Il est en outre nécessaire de préciser que cette catégorie de savoir n'est pas en premier lieu le fait d'une invention conceptuelle répondant à un problème théorique ou expérimental de la recherche, mais plutôt comme *réponse épistémo-politique* (concernant à la fois l'organisation des sciences, leur objet et leur utilité pratique) à une situation politique donnée. Cette dernière pouvant être caractérisée comme une série de tensions entre la publicisation des soucis environnementaux dans l'espace public et notamment dans les arènes internationales (finitude des ressources, pollution, guerre nucléaire, ozone), la crise de l'Etat-providence consécutive au choc pétrolier de 1973 conjointe à la montée de la gouvernamentalité néo-libérale, et l'affaiblissement politique du moteur que constituent les rivalités symboliques et économiques entre les deux blocs.

Avant d'entrer dans le détail de l'enquête, il convient enfin de moduler ce récit qui semble établir en creux le retrait de l'influence militaire au sein des savoirs environnementaux. Certes réel, ce retrait ne doit pas être compris comme un désinvestissement total, comme un désintérêt militaire pour la connaissance de la Terre, voire comme un éventuel retour vers des

⁶⁹⁰ O. UHRQVIST, *Seeing and Knowing the Earth as a System*, Thèse de doctorat, Linköping, Linköping University, 2014, p. 11. Certains programmes se poursuivent après 2010, mais s'achèvent avant 2020, comme l'IGBP.

sciences pacifiques ou dénuées d'enjeux opérationnels. En effet, en premier lieu, un tel changement n'est possible qu'après l'investissement massif dans les infrastructures de savoir de la Guerre froide. Les développements qui le suivent n'annulent aucunement ce premier moment, mais s'additionnent simplement à cet effort – le globalisme est cumulatif. Deuxièmement, le rapport entre institutions militaires et le développement de l'environnement global comme objet de savoir est bien moins documenté pour la période 1980-2000. Bien entendu, le développement des systèmes d'observation satellitaire n'est pas sans rapport avec des enjeux stratégiques de surveillance, tout comme le développement des supercalculateurs n'est pas étranger aux enjeux de renseignement⁶⁹¹. Mais les rapports entre ces aspects et les questions environnementales restent dans une certaine pénombre historique, sans doute, précisément, du fait de leur proximité temporelle – quoique les sciences à partir des années 1980, parfois dites post-modernes, se déploient dans un rapport moins vertical aux enjeux étatiques que durant la Guerre froide⁶⁹². Comme l'a soutenu Doel, le caractère occulte des enjeux stratégiques, qui passe par une retenue des sources documentaires afférentes placées sous le secret institutionnel, constitue un enjeu majeur pour toute histoire des savoirs qui tenterait d'embrasser l'évolution des rapports entre institutions ayant trait d'une part à la sécurité des Etats et d'autre part les savoirs environnementaux⁶⁹³. De ce point de vue, l'approche historique que nous proposons reste donc conditionnée à de futurs travaux qui prendraient en charge ces rapports. Cependant, en dépit des lacunes documentaires (et des lacunes sur l'estimation de ces dernières), il apparaît clairement que la fin des années 1970 signe le début de la réinvention de l'environnement global.

La genèse des SST et de la problématique du « changement global » est d'abord articulée à des programmes de la science états-unienne et internationale. Cette étude a déjà été menée dans le détail par Sébastien Dutreuil, dans le cadre d'une thèse en histoire et philosophie des sciences portant sur l'hypothèse Gaïa⁶⁹⁴. Dutreuil y analyse les origines historiques du

⁶⁹¹ J. PIKE, « The Military Uses of Outer Space », dans Stockholm International Peace Research Institute (éd.), *SIPRI Yearbook 2002. Armaments, Disarmament and International Security*, Oxford, Oxford University Press, 2002, p. 613-655

⁶⁹² P. FORMAN, « Recent Science: Late-Modern and Post-Modern », dans T. Söderqvist (éd.), *The Historiography of Contemporary Science and Technology*, Amsterdam, Harwood academic, coll. « Studies in the history of science, technology and medicine », n° 4, 1997, p. 179-213 ; D. PESTRE, *Science, argent et politique : Un essai d'interprétation*, Paris, Editions QUAE, 2003

⁶⁹³ Tout en reconnaissant la sous-exploitation de certaines sources, Doel souligne que cette mise au secret prend la forme d'une rétention temporaire, mais aussi de tout un ensemble de procédures très chronophages pour les chercheurs et d'un contrôle des activités de recherche. R. E. DOEL, « Scientists as Policymakers, Advisors, and Intelligence Agents: Linking Contemporary Diplomatic History with the History of Contemporary Science », *op. cit.*

⁶⁹⁴ S. DUTREUIL, *Gaïa, op. cit.*

« système Terre » et la manière dont les « sciences du système Terre » se comportent non pas comme une discipline nouvelle mais comme un réseau de relations entre acteurs provenant de disciplines hétérogènes rassemblées par le cadre général du « système Terre » qui déplace les « perspective[s] disciplinaire[s] » selon une leur commensurabilité spatiale et temporelle, afin d'« étudier le système en tant que tout »⁶⁹⁵. Plus synthétiquement, Dutreuil identifie les traits principaux de ce champ de savoir : « un objet (le système Terre), une approche (interdisciplinaire, intégrative, systémique, holiste, focalisée sur les interactions), une origine commune et une institution structurante (le diagramme de Bretherton à la NASA, et l'IGBP) » auxquels il ajoute « une inquiétude marquée pour les changements globaux »⁶⁹⁶. Pour notre part, il s'agit non pas d'étudier la notion de « système Terre » pour elle-même, et donc de lui accorder méthodologiquement une certaine autonomie. Bien plutôt voulons-nous faire valoir que le « changement global » (*global change*), qui contient l'action humaine, est loin d'être un simple aspect d'un discours dans lequel s'inventerait une notion ou un mode de justification. Le « changement global » relève d'un énoncé fondamental des SST au sens où il est un élément légitimant leur constitution et participe à fonder le cadre des problèmes investigués par ce champ⁶⁹⁷.

En 1979, la première Conférence mondiale pour le climat est organisée à Genève. L'importance du changement climatique d'origine anthropique est largement reconnue et les discussions débouchent sur la décision de lancer le World Climate Programme, incluant principalement le World Climate Research Programme (WRCRP) en 1980, successeur de GARP⁶⁹⁸. Le but de cette institution est alors de prédire l'évolution du climat et de déterminer l'influence de l'action humaine sur celui-ci. Le WCRP a notamment pour tâche de devenir plus interdisciplinaire car le rôle des océans dans l'évolution du climat ne peut plus être ignoré. Par conséquent, le WCRP mobilise le programme SCOR de l'ICSU et sera dans les années 1990 en partenariat avec la Commission océanographique internationale (IOC), institution qui s'ajoute aux fondatrices : WMO et ICSU⁶⁹⁹. La question climatique pourrait sembler constituer la porte d'entrée privilégiée pour rendre compte du discours environnemental global, mais ne considérer que cette question nous ferait passer à côté de ce que ce terme de « changement global » désigne. Si le changement climatique garde une centralité indéniable dans les arènes

⁶⁹⁵ *Ibid.*, p. 542

⁶⁹⁶ *Ibid.*, p. 471

⁶⁹⁷ De ce point de vue, nous divergeons avec Ola Uhrqvist, auteur d'une thèse sur les sciences du « système Terre ». Selon lui, ces savoirs envisagent l'action humaine comme étant marginale. O. UHRQVIST, *Seeing and Knowing the Earth as a System*, *op. cit.*, p. 14

⁶⁹⁸ F. GREENAWAY, *Science international*, *op. cit.*, p. 215

⁶⁹⁹ *Id.*

scientifiques et politiques internationales jusqu'aujourd'hui, c'est vers un autre cadrage des questions environnementales globales qu'il s'agit de se tourner. En effet, le « système climatique » constitue un seul aspect du globe et c'est bien plutôt la notion de « système Terre » qui se révèle encore la plus compréhensive du point de vue conceptuel. Et c'est précisément cette dernière notion qui articule la manière dont le discours anthropocénique est progressivement construit au cours des années 2000. Ainsi, il nous faut revenir à l'invention de cette notion qui, durant les années 1980, est investie par deux approches principales qui s'influencent réciproquement : d'une part une volonté de la NASA et de l'Académie des sciences états-unienne de mettre sur pied un programme de « sciences du système Terre », et d'autre part, du côté de l'ICSU et toujours en lien étroit avec l'Académie des sciences états-unienne, l'idée de la création de l'IGBP. C'est sur le premier processus que nous allons nous arrêter dans ce chapitre, pour examiner le second au cours du chapitre suivant.

12.1 Retour sur Terre depuis l'espace

Le primat des sciences et techniques spatiales aux Etats-Unis ne saurait surprendre tant la NASA occupe une place de choix dans l'organisation technoscientifique de ce pays. Depuis les années 1950, l'espace constitue pour les deux blocs un autre frontière à repousser, un domaine à investir scientifiquement, technologiquement et symboliquement y compris pour une guerre toujours imminente. Avec l'administration Reagan cependant, le lancement de certains satellites LANDSTAT et des missions spatiales sont annulés, et le budget de la NOAA et de la NASA décroît fortement tandis que la privatisation des satellites entamée sous l'administration Carter se poursuit⁷⁰⁰. Ce mouvement s'inscrit en effet dans la montée de l'aile conservatrice du Parti Républicain profitant de la conjoncture politique de la fin des années 1970. Entre les crises du pétrole, le ralentissement de la croissance et la montée du chômage, le discours s'opposant à la régulation environnementale et promouvant la réduction drastique de la fonction régulatrice de l'Etat sur le champ économique reçoit un plus grand plébiscite⁷⁰¹.

Néanmoins, la question spatiale trouve alors une nouvelle forme d'expression en s'adossant à une rhétorique guerrière véhémente et à une volonté de développement technique toujours plus futuriste, dont les lasers de combat alors envisagés – et aujourd'hui en cours de tests opérationnels – constitue un exemple édifiant⁷⁰². Edward Teller, souvent qualifié de « père

⁷⁰⁰ R. B. LESHNER, *The Evolution of the NASA Earth Observing System: A Case Study in Policy and Project Formulation*, Thèse de doctorat, Washington, D.C, George Washington University, 2007, p. 66-68

⁷⁰¹ J. M. TURNER et A. C. ISENBERG, *The Republican reversal*, *op. cit.*, p. 20

⁷⁰² J. HECHT, « A "Star Wars" Sequel? The Allure of Directed Energy for Space Weapons », *Bulletin of*

de la bombe H », joue notamment un rôle crucial auprès de Reagan comme porteur de la promesse du dépassement de la bombe atomique par les microondes, les rayons à particules ou les lasers – promouvant l'idée d'un nouveau Projet Manhattan articulé à la Strategic Defense Initiative, alors soutenue par l'administration états-unienne⁷⁰³. Mais l'espace n'est pas alors seulement l'objet d'un investissement militaire, c'est aussi le lieu depuis lequel les Etats-Unis échafaudent une stratégie générale du développement des sciences de la Terre. Il s'agit d'une sorte de *retour sur Terre*, comme le dénote l'intitulé du programme Mission to Planet Earth promu dans les années 1980 par la NASA – comme un retournement vers la Terre du regard et du mode d'enquête spatiaux, consécutif aux missions très majoritairement tournées vers l'espace effectuées au cours des années 1960 et 1970.

Une telle connexion entre le spatial et la promotion d'un regard et d'une attention renouvelés à l'égard de la Terre n'a rien de nouveau, mais s'inscrit au contraire dans le discours de l'environnement global. Depuis la seconde moitié des années 1960, la métaphore du « vaisseau spatial Terre » (*Spaceship Earth*) en est un des signes les plus courants : elle circule dans les arènes politiques, scientifiques et expertes internationales, dénotant l'existence d'une communauté unie en un même « système de support de vie » errant dans le vide intersidéral, dont il s'agit de préserver et gérer les ressources grâce à un couplage fructueux entre sciences et techniques de la vie et de la Terre. En particulier, depuis la fin des années 1960, la métaphore du « vaisseau spatial Terre » est investie par des ingénieurs comme Buckminster Fuller. Elle sert de modèle informationnel et technologique censé permettre de penser conjointement un suivi et un contrôle de l'environnement global d'abord considéré du point de vue des ressources et de la population. A cette même époque l'imaginaire de la terraformation dans les œuvres de science-fiction porte ce souci écologique couplé avec l'imaginaire spatial⁷⁰⁴. De même, dans les années 1980, il existe une association entre l'imaginaire de la conquête spatiale et la conservation de la nature, ainsi que le laissent entrevoir les réalisations d'écosystèmes clos à l'image de la Terre, comme le projet *Biosphere 2*⁷⁰⁵.

Le « retour sur Terre » depuis l'espace se manifeste également dans la manière de regarder l'objet Terre en tant qu'objet spatial dans les sciences. En effet, l'effort spatial états-

the Atomic Scientists, vol. 75, n° 4, 4 juillet 2019, p. 162-170 ; G. T. GOODNIGHT, « Ronald Reagan's Re-Formulation of the Rhetoric of War: Analysis of the "Zero Option," "Evil Empire," and "Star Wars" Addresses », *Quarterly Journal of Speech*, vol. 72, n° 4, 1^{er} novembre 1986, p. 390-414

⁷⁰³ G. HERKEN, « The Earthly Origins of Star Wars », *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 43, n° 8, Routledge, 1^{er} octobre 1987, p. 20-28

⁷⁰⁴ C. PAK, *Terraforming*, *op. cit.*

⁷⁰⁵ S. HÖHLER, « "Spaceship Earth" : Envisioning Human Habitats in the Environmental Age », *GHI Bulletin*, n° 42, 2008, p. 65-85

unien et le développement de la planétologie entre les années 1960 et 1970 instaure un regard d'emblée global sur ces objets – du seul fait des moyens d'observation et d'analyse disponibles, ce sont bien les globes de Vénus, Mars ou Mercure qui sont saisis en tant que tels. Or, parler d'une « mission vers la Terre », pour les acteurs des sciences spatiales états-uniennes, c'est adopter un tel regard pour la bille bleue, y compris en pensant les conditions nécessaires (notamment instrumentales et conceptuelles, comme nous le verrons) pour considérer cet objet comme une planète étrangère saisie par le global – ou, mieux, par les *limitations* d'une approche directement globale. Depuis les années 1970, la Terre est analysée comme un tel objet dans les publications des sciences planétaires. Comparant l'histoire atmosphérique de la Terre et de Mars dans un célèbre article de 1972, Carl Sagan et son collègue George Muller mettent en évidence qu'à l'échelle des temps géologiques, la composition et la température de la couche gazeuse a certainement été influencée par la vie, notamment par la photosynthèse⁷⁰⁶. Dans une série d'articles de cette même décennie, Lynn Margulis et James Lovelock développent conjointement leur hypothèse « Gaïa ». Selon cette dernière, l'atmosphère, cet « appareillage » (*contrivance*), n'est pas un simple environnement pour la vie, mais « une composante de la biosphère », régulée par un mécanisme homéostatique par lequel la vie maintient, au niveau global et dans certaines limites, des conditions chimiques qui lui sont favorables sur le temps géologique⁷⁰⁷. Cette hypothèse est elle-même fondée pour une part importante par des arguments astrobiologiques, non seulement du fait des instruments développés par Lovelock pour la NASA servant notamment à détecter une éventuelle trace de vie sur Mars, mais aussi par les comparaisons entre les autres atmosphères du système solaire dont on commence alors à avoir des données relativement fiables de la composition chimique et de la température (Venus et Mars en particulier)⁷⁰⁸. La discussion portant sur les processus atmosphériques et biologiques à l'échelle globale pour des acteurs proches des activités spatiales est ainsi déjà cadrée aussi comme un problème d'astrologie. Cherchant à expliquer théoriquement l'évolution sur le temps long de la température du globe depuis un tel cadrage, on peut ainsi dire qu'on a affaire à une littérature héritière de la perspective globale de la physique cosmologique des XVIIIe et XIXe

⁷⁰⁶ C. SAGAN et G. MULLEN, « Earth and Mars: Evolution of Atmospheres and Surface Temperatures », *Science*, vol. 177, n° 4043, 7 juillet 1972, p. 52-56

⁷⁰⁷ J. LOVELOCK, « Gaïa as Seen Through the Atmosphere », *Atmospheric Environment*, vol. 6, n° 8, 1972, p. 579-580 ; J. LOVELOCK et L. MARGULIS, « Atmospheric Homeostasis by and for the Biosphere: the Gaïa Hypothesis », *Tellus*, vol. 26, n° 1-2, 1^{er} janvier 1974, p. 2-10 ; L. MARGULIS et J. E. LOVELOCK, « Biological Modulation of the Earth's Atmosphere », *Icarus*, vol. 21, n° 4, 1^{er} avril 1974, p. 471-489 ; J. LOVELOCK et L. MARGULIS, « Homeostatic Tendencies of the Earth's Atmosphere », dans J. Oró *et al.* (éd.), *Cosmochemical Evolution and the Origins of Life*, Dordrecht, Springer Netherlands, 1974, p. 93-103

⁷⁰⁸ L. MARGULIS et J. E. LOVELOCK, « Is Mars a Spaceship, too », *Natural History*, vol. 85, 1^{er} juillet 1976, p. 86-90 ; *Id.*

siècles, davantage qu'à un héritage proche de la popularisation des enjeux environnementaux de la fin du XXe siècle⁷⁰⁹.

Du point de vue instrumental, il convient également de souligner que durant les années 1970, les inscriptions terrestres, offrant la possibilité de déterminer l'anatomie des composantes des différentes sphères et des mouvements de matière en leur sein, sont produites par l'imagerie satellitaire dont on estime qu'elle apporte une perspective déterminante. En effet, les missions LANDSAT ont depuis les années 1970 permis de cartographier les sols, la répartition hydrique continentale, la couverture végétale ou l'évolution des côtes ce qui sert alors aux politiques agricoles, forestières ou hydrologiques. De même les satellites NIMBUS ont permis, grâce à leurs interféromètres, d'établir des profils verticaux de température via la mesure de la radiance (luminance énergétique) mais aussi de décrire les distributions dynamiques de vapeur d'eau, de poussières, de précipitations ou d'ozone dans l'atmosphère ainsi que les courants atmosphériques ou océaniques⁷¹⁰. De ce fait, pour les acteurs de l'époque, le satellite semble être une technique à la hauteur de ses promesses de décentrement épistémiquement prodigieux et laisse entrevoir de nouvelles possibilités à celles et ceux qui sauront disposer en orbite des instruments toujours plus avancés.

Mission to Planet Earth s'inscrit au départ au sein d'un projet de la NASA consistant en la conception d'un programme très ambitieux dont l'objectif premier est de mettre en orbite un habitat permanent humain, une station spatiale. Ainsi, puisque le ressort de la guerre froide perd de son efficacité politique, la NASA décide de lier à ce projet la question de l'observation de la Terre, ce qui sonne lieu au Global Habitability Initiative, dont une analyse de l'époque soulève déjà l'enjeu de prendre toute mesure nécessaire pour « la sauvegarde de la Terre »⁷¹¹. L'idée d'une telle station sera néanmoins lentement abandonnée après le milieu de la décennie. Prenant finalement la forme d'un système d'observation satellitaire de la Terre (*Earth Observatory System* (EOS)) et après des coupes budgétaires importantes, ce programme reçoit

⁷⁰⁹ Il ne faut pas oublier que Lovelock n'est pas un écologiste, et dès son premier article sur l'hypothèse Gaïa prenait ses distances avec le discours environnemental : « Une de ces [notions] à la mode dans le discours sur l'« Environnement » est que nous sommes des voyageurs embarqués dans le « Vaisseau Spatial Terre » et que la biosphère est à ce titre un « Système de Support de Vie », vraisemblablement pour notre propre bénéfice. De telles analogies sont employées pour traiter des conséquences possibles de l'extinction d'espèces, des changements destructeurs des sols provoqués par l'agriculture et la pollution. Tous deux sont trompeurs et superflus, notamment s'ils sont utilisés comme substituts au plus ancien concept de Terre comme une vaste créature, Gaïa, vieille de plusieurs milliards d'années qui a modelé la surface du globe, les océans, et l'air afin selon sa convenance [...] ». J. LOVELOCK, « Gaïa as Seen Through the Atmosphere », *op. cit.*, p. 580. A la fin des années 1970, Lovelock relativise par ailleurs les conséquences environnementales des CFC et du DDT, voir à ce sujet S. DUTREUIL, *Gaïa*, *op. cit.*, p. 661-666

⁷¹⁰ R. B. LESHNER, *The Evolution of the NASA Earth Observing System: A Case Study in Policy and Project Formulation*, *op. cit.*, p. 43-36

⁷¹¹ A. FLORINI, « The Next Giant Leap in Space », *Space Policy*, vol. 2, n° 4, 1^{er} novembre 1986, p. 304

néanmoins en 1989 l'accord du congrès états-unien et se présente à l'époque comme « [...] le programme scientifique le plus onéreux de l'histoire américaine, dont le montant devait atteindre 17 milliards de dollars jusqu'à l'an 2000⁷¹². »

L'appétence spatiale de la NASA, et plus largement de la recherche aux Etats-Unis, structure et cadre ainsi l'effort programmatique de ce pays s'agissant de ce qui apparaît progressivement au cours de la décennie comme les « sciences du système Terre ». La NASA et le National Research Council (NRC) de l'Académie nationale des sciences états-unienne entreprennent l'effort d'esquisser les contours de ce nouveau domaine. Ainsi, durant les années 1980, ces deux institutions publient-elles une multitude de rapports traitant de la nouvelle manière d'élaborer les savoirs de la Terre (Tableau 14). S'effectuant conjointement entre le NRC et la NASA, ce processus donne lieu à une grande perméabilité des acteurs entre les deux institutions. Ainsi, par exemple : Berrien Moore III, John Gille, Paul Zinke et John Dutton apparaissent comme co-auteurs pour la NASA et le NRC. En outre, certains de ces rapports sont élaborés explicitement en co-patronage, ou sur commande de l'une ou l'autre institution et se citent mutuellement à plusieurs reprises. Cependant, il n'y a pas exactement superposition des points de vue, puisqu'à l'époque il existe des tensions entre les deux institutions au sujet de la centralité du programme spatial porté par la NASA, mais que certains acteurs tenteront de surmonter⁷¹³.

Au sein de ce corpus divers, mais dont le contenu révèle une régularité manifeste, le procès général d'invention de l'environnement global connaît deux versants qui vont de pair. Le premier consiste en l'invention conceptuelle du « système Terre » à partir d'une proposition de réagencement des sciences de la Terre. Cette invention se propose dans le même temps comme une manière de penser l'interdisciplinarité. Le second versant consiste en l'élaboration des dispositifs instrumentaux qui accompagneraient l'émergence de ce champ.

NRC	<i>A Strategy for Earth Science from Space in the 1980s--Part I</i>	1982
NASA	<i>Global Change: Impacts on Habitability</i>	1982
NASA	<i>Global Change: A Biogeochemical Perspective</i>	1983
NASA	<i>Global Biology Research Program: Program plan</i>	1983
NASA	<i>Earth Observing System. Science and Mission Requirements, Vol. 1</i>	1984
NRC	<i>Global Tropospheric Chemistry: A plan for Action</i>	1984
NRC	<i>A Strategy for Earth Science From Space in the 1980's and 1990's: Part II</i>	1985

⁷¹² E. M. CONWAY, *Atmospheric Science at NASA: A History*, op. cit., p. 199

⁷¹³ R. B. LESHNER, *The Evolution of the NASA Earth Observing System: A Case Study in Policy and Project Formulation*, op. cit., p. 70

NASA	<i>Earth System Science Overview: A Program for Global Change</i>	1986
NRC	<i>Global Change in the Geosphere-Biosphere: Initial Priorities for an IGBP</i>	1986
NASA	<i>Space Science in the Twenty-First Century: Overview</i>	1988
NASA	<i>Space Science in the Twenty-First Century: Mission to Planet Earth</i>	1988
NASA	<i>Strategy for Earth Explorers in Global Earth Sciences</i>	1988
NRC	<i>Toward an Understanding of Global Change</i>	1988
NASA	<i>Technology for the Mission to Planet Earth</i>	1989
NRC	<i>Research Strategies for the U.S. Global Change Research Program</i>	1990

Tableau 14 – Principaux rapports de la NASA et du NRC traitant du programme états-unien afférent aux sciences de la Terre dans les années 1980 classés par ordre chronologique de parution. Certains titres ont été raccourcis pour une plus grande lisibilité. Pour le détail des références, voir en bibliographie.

12.2 Concevoir et habiter la « Bille bleue » depuis l'espace

Le premier rapport programmatique concernant les sciences de la Terre dans leur ensemble est émis par le NRC, et plus précisément par le Comité sur les sciences de la Terre (Committee on Earth Science) créé à cette époque et appartenant au Panel sur la science de l'espace (Space Science Board) en 1982 sous le titre « Une stratégie pour la science de la Terre depuis l'espace ». Ce rapport n'est que le premier tome, le second étant publié en 1985, mais ces deux composantes sont pensées comme une unité. En effet, le premier volume concerne la géologie (*solid earth*) et les océans, tandis que le second est centré sur l'atmosphère, la biosphère et la surface des océans. Il s'agit bien alors d'un regard spatial sur l'objet Terre, dans la mesure où la planétologie alors récente « a par nécessité commencé avec une approche globale, et notre connaissance [des planètes du système solaire] a progressé au point où des questions fondamentales trouvent des réponses grâce à des études comparatives [entre ces planètes]. Afin de comprendre le rôle de la Terre comme planète dans le système solaire nous devons de même adopter un cadrage global pour son étude⁷¹⁴. »

Plus précisément, cet objet Terre est considéré comme « un système interactif comprenant l'atmosphère et les parties de la terre, des océans et des biotes qu'elle influence ou bien qui l'influencent » caractérisé par des « rétroactions complexes » défiant les analyses directes et les expériences de modélisation courantes⁷¹⁵. Ce « système atmosphère-terre-océan-biote », objet du second tome, est néanmoins largement centré sur l'atmosphère, puisque les

⁷¹⁴ COMMITTEE ON EARTH SCIENCES, *A Strategy for Earth Science from Space in the 1980s: Part I: Solid Earth and Oceans*, Washington, D.C., National Research Council, 1982, p. 95

⁷¹⁵ COMMITTEE ON EARTH SCIENCES, *A Strategy for Earth Science From Space in the 1980's and 1990's: Part II: Atmosphere and Interactions with the Solid Earth, Oceans, and Biota*, Washington, D.C., National Research Council, 1985, p. x

objectifs programmatiques sont d'en saisir les distributions « de masse, d'énergie et de vitesse » et d'autres propriétés ; de rendre compte de ses interactions avec « la terre, les calottes glaciaires, les océans et la vie » ; et enfin d'être capable d'en tracer l'évolution et de prédire son devenir, « y compris les effets des perturbations naturelles et anthropogéniques »⁷¹⁶. Ici, la catégorie de « système Terre » (*Earth system*) apparaît mobilisée sans introduction préalable, comme catégorie naturelle du *logos* programmatique et compatible avec une conception systémique des phénomènes. Cette catégorie n'apparaît pas ici explicitement fondée, ni même centrale : nous verrons en effet que sa définition ne le devient que dans d'autres sources.

Toutefois, il s'agit de se remémorer que « toute division [des sciences de la Terre] est nécessairement en partie arbitraire »⁷¹⁷. En effet, ce n'est que récemment que les sciences de la Terre ont découvert que « nombre de phénomènes sur Terre sont liés par des processus globaux ». En ce sens toute approche « qui transgresse les frontières traditionnelles entre les disciplines » peut « bénéficier substantiellement » à leur compréhension. Géologie, géophysique, géochimie, océanographie, aéronomie, biologie, etc. sont convoquées à la table des rencontres virtuelles⁷¹⁸. Il y a donc la découverte d'un nouvel objet mobilisant en droit tous les savoirs pouvant s'y rapporter : il s'agit alors moins du « système Terre » – le terme n'apparaît pas que dans le second volet – que les processus globaux, comme le cycle de l'eau ou la tectonique des plaques.

Est également présente une critique des mesures traditionnelles. L'histoire des savoirs de la Terre démontre que les relevés d'observation *in situ* « s'étendent à la fois sur de longues durées et à de hauts niveaux de détail. » Mais cette situation ne présente pas uniquement des avantages. Car bien que « les détails observationnels » aient révélé « la complexité de la Terre et [...] les nombreuses manifestations de ses processus clés », ces détails n'en ont pas moins « occultés les motifs (*patterns*) de grande échelle », qui pourtant montrent que ces « processus agissent d'abord à l'échelle globale⁷¹⁹. » Or la question centrale, qui surgit comme nouveau problème à partir duquel l'environnement global est requalifié, relève précisément d'une approche de ces processus à cette échelle. C'est pourquoi le « Comité croit que les étapes majeures vers le développement de la compréhension scientifique de la Terre peuvent être réalisées par les mesures spatiales »⁷²⁰ :

⁷¹⁶ *Ibid.*, p. 9

⁷¹⁷ COMMITTEE ON EARTH SCIENCES, *A Strategy for Earth Science from Space in the 1980s--Part I*, *op. cit.*, p. 2

⁷¹⁸ *Ibid.*, p. 10

⁷¹⁹ *Ibid.*, p. 2

⁷²⁰ *Id.*

Bien des mesures requises peuvent être effectuées naturellement et plus efficacement depuis l'espace. La vue depuis l'espace est nécessairement une perspective globale. Depuis l'espace, des observations télémétriques de la planète entière peuvent être obtenues rapidement et d'une manière unifiée [contrairement, on l'a vu, aux observations des programmes internationaux qui supposent une standardisation des méthodologies pas toujours unanimement suivies] Le point de vue privilégié [*vantage point*] de l'espace fourni en outre un fondement pour l'étude [...] de ces processus communs aux autres planètes [que la Terre].⁷²¹

Parmi les discours justificatifs, on ne manque pas de trouver des « buts sociétaux égaux en importance aux buts scientifiques. » Tout d'abord, la détermination « de l'inventaire global des ressources » disponibles (énergies, matières premières) tout autant que leur processus de renouvellement. Il s'agit ensuite, de développer une capacité de prédiction des événements dangereux susceptibles d'advenir à la surface de la Terre, les « catastrophes naturelles » telles que les « ouragans, inondations et grands tremblements de terre » de même que les évolutions du climat sur de plus longues durées⁷²².

Enfin, à ces deux termes en continuité avec les promesses accompagnant les programmes internationaux des années 1960 et 1970, un troisième objet vient s'ajouter. Il s'agissait auparavant de contrôler les processus étudiés (ou de promettre que l'on puisse les contrôler), il est désormais nécessaire d'étudier la place des conséquences de l'action humaine dans les processus globaux mentionnés : vis-à-vis de l'ozone et du climat mais aussi des cycles chimiques en général⁷²³. C'est pourquoi le projet général n'est pas seulement de fournir une « compréhension fondamentale de notre planète » mais de développer « une plus grande conscience de la manière dont les activités de l'homme (*man*) sont couplées aux processus dynamiques s'établissant sur la terre, la mer et autour de lui⁷²⁴. » Dans les rapports relatifs aux programmes spatiaux, l'humanité occupe une position de choix, au côté du reste des forces terrestres comme puissance d'altération des paramètres fondamentaux de la Terre. Tout d'abord aux côtés et non pas comme *dominion*. En effet, l'importance des activités humaines est reconnue, qualifiée comme « expérimentation au niveau global » ou encore « perturbation significative des cycles biogéochimiques de la planète », mais problématisée comme un sujet sur lequel il est nécessaire d'acquérir de plus amples connaissances et qui concerne surtout l'avenir :

⁷²¹ *Ibid.*, p. 1. A la lecture du second volet publié en 1985, on constate un déplacement partiel, qui ne concerne pas la promotion de l'outil satellitaire comme moyen d'enquête privilégié COMMITTEE ON EARTH SCIENCES, *A Strategy for Earth Science From Space in the 1980's and 1990's*, *op. cit.*

⁷²² COMMITTEE ON EARTH SCIENCES, *A Strategy for Earth Science from Space in the 1980s--Part I*, *op. cit.*, p. 9

⁷²³ *Ibid.*, p. 11, 12 et 16

⁷²⁴ *Ibid.*, p. 9

La Terre en tant que planète est, et a toujours été, sujette à des changements épisodiques ou de longue durée. Aujourd'hui, la capacité de l'humanité à induire des changements [...] – intentionnels ou non – qui pourraient affecter l'environnement reçoit une attention considérable. La capacité de prédire de manière robuste les changements environnementaux anthropogéniques supposés (*putative*) serait un accomplissement d'une grande importance sociétale et aussi d'un intérêt scientifique considérable⁷²⁵.

Parallèlement à ces propositions, la NASA organise en 1982 une session de travail à Woods Hole présidée par le météorologue Ricard Goody dans l'optique d'élaborer une esquisse du programme d'habitabilité spatiale sous le thème du « changement global ». La plupart des acteurs présents occupent des positions très importantes dans la recherche portant sur la météorologie, le changement climatique, la perte d'ozone atmosphérique et les processus biogéochimiques. En effet, on trouve parmi l'assistance les chimistes de l'atmosphère Michael McElroy, Paul Crutzen et Robert Watson, l'océanographe Wallace Broecker, les climatologues James Hansen et Veerabhadran Ramanathan ainsi que la microbiologiste Lynn Margulis. Attardons-nous sur ce court rapport qui naît de la rencontre initiée par Hans Mark, nommé par l'administration Reagan à la tête de la NASA et de l'espoir de reproduire une mission vers Mars de la sonde Viking en 1976, mais cette fois sur Terre afin d'éclairer le problème du CO₂ dans l'atmosphère⁷²⁶. Ce texte est considéré comme un élément fondateur des sciences du « système Terre » dans les récits des SST. Toutefois il s'agit moins de définir ces sciences que de repérer un domaine d'enquête dont la raison d'être est un changement global mettant en question l'habitabilité de la Terre.

Ce qui frappe à la lecture de ce texte, intitulé *Global Change : Impacts on Habitability* et parfois appelé « rapport Goody », est tout d'abord la dramatisation des enjeux. « La tâche est urgente », affirment les auteurs. Pour quelle raison ? Parce que le diagnostic est sans appel. En effet, si la « terre est une planète caractérisée par le changement », et ce de manière générale au cours de son histoire, elle « est entrée dans une époque unique lorsqu'une espèce, la race humaine, est devenue capable d'altérer son environnement à l'échelle globale⁷²⁷. » Et la comparaison avec l'histoire de la Terre n'est pas fortuite, mais mobilisée plus loin afin de rappeler l'enjeu proprement existentiel des changements en cours :

⁷²⁵ COMMITTEE ON EARTH SCIENCES, *A Strategy for Earth Science From Space in the 1980's and 1990's*, *op. cit.*, p. 12. Le caractère pusillanime de ce passage pourrait être expliqué par la prudence de l'*ethos* scientifique ou bien par la présence de deux émissaires des compagnies pétrolières dans le Committee on Earth Science. Nommément L.M. Cathles (Chevron oil company) et J. W. Davidson (Superior oil company). *Ibid.*, p. iii

⁷²⁶ R. B. LESHNER, *The Evolution of the NASA Earth Observing System: A Case Study in Policy and Project Formulation*, *op. cit.*, p. 73

⁷²⁷ R. GOODY, *Global Change: Impacts on Habitability*, California Institute of Technology, Pasadena, California, NASA, 1982, p. iii

Alors que la vie a perduré sur Terre pendant plus de 3.5 milliards d'années, son développement a été menacé de nombreuses fois durant l'histoire de la planète. [...] Des espèces se sont éteintes et d'autres ont évolué afin de prendre leur place. La plupart des espèces animales ont survécu pendant des périodes de l'ordre de 10 millions d'années, et puis ont disparu, principalement pour des raisons liées à la destruction de leur habitat. La nourriture, l'eau, l'air, et les conditions climatiques ont changé graduellement mais inexorablement au-delà de la capacité de survie des espèces. [...] L'espèce humaine fait face à un défi similaire ⁷²⁸.

En parcourant le texte, on peut recenser ce que recouvre le terme de « changement global » : destruction de l'ozone atmosphérique ; perturbation des cycles de l'eau du carbone, de l'azote, du soufre et du phosphore ; désertification ; érosion des sols ; déforestation ; pollution chimique de l'atmosphère ; surexploitation des pêcheries. Le changement climatique d'origine anthropique n'apparaît pas clairement comme un enjeu d'importance, malgré la présence de Hansen au sein du groupe de travail – celui-ci vient en effet de publier, en 1981, un article faisant date montrant la forte probabilité d'un changement climatique d'origine anthropique et examinant ses conséquences au XXI^e siècle⁷²⁹. L'urgence n'est pas simplement rapportée à un état du monde contemporain en péril, qu'il s'agirait de sauver d'une destruction imminente. En effet, les auteurs soulignent plutôt l'existence de « dangers » qui « doivent être anticipés » dans la mesure où les changements globaux peuvent advenir « plus rapidement que la capacité de l'humanité à établir un contrôle [de ces derniers] ». Ainsi le rapport Goody se distingue de la stratégie du Space Science Board en insistant bien plus lourdement sur la survie humaine sur Terre.

Dans ce contexte, l'humanité disposant de sa capacité réflexive serait en mesure de « gérer ses ressources, de planifier intelligemment son futur ». Mais pour ce faire, il est nécessaire de développer un ensemble de connaissances afin de guider le « développement futur de choix politiques sages. » De quelles connaissances s'agit-il ? Il s'agit de concevoir un objet à la mesure des changements esquissés, de caractériser un « système global » composé de trois parties en interaction : terre, océan et atmosphère. Les *interactions* – physiques, mais aussi chimiques et biologiques – sont alors ce qui doit susciter l'intérêt principal de l'activité scientifique. De manière saisissante ceci est caractérisé par un cadrage temporel : c'est parce qu'à l'échelle de la décennie l'océan, l'atmosphère et la biosphère fonctionnent comme un système intégré, que l'on peut effectivement lier ces diverses composantes. Alors que par le passé, « l'étude de l'habitabilité globale a été fragmentée entre plusieurs disciplines indépendantes », elles se sont toutes développées au point où leurs limites sont en train de « se

⁷²⁸ *Ibid.*, p. 3

⁷²⁹ J. HANSEN *et al.*, « Climate Impact of Increasing Atmospheric Carbon Dioxide », *op. cit.*

chevaucher ». Il semble ainsi en même temps naturel et nécessaire que la « prochaine étape ne puisse venir que d'un programme interdisciplinaire de recherche » mobilisant « des scientifiques dédiés, des dispositifs sophistiqués utilisant des instruments avancés, dont l'ordinateur et la technologie satellitaire, et un fort *leadership* managérial⁷³⁰. »

Quant aux moyens, deux aspects se distinguent clairement. Tout d'abord l'usage des modèles. Reflétant un point de vue réaliste sur l'effectuation de l'activité scientifique, les chercheurs précisent qu'il ne saurait y avoir un modèle unique et total de la Terre, mais que « seule l'étude de l'environnement naturel [...] et en montrant que cette connaissance peut être distillée dans la forme de plusieurs modèles compréhensifs » sera efficace⁷³¹. Et cette efficacité correspond alors, dans la lignée des programmes précédents à la vocation prédictive des modèles – mais ici, on l'a vu, la prédiction devient nécessaire non pas pour anticiper l'état d'un espace dans lequel il s'agit d'évoluer ou d'opérer, mais afin d'anticiper de graves et irréversibles dommages qui seraient la conséquence d'actions non-éclairées et auxquelles il serait impossible de remédier au moment de leur irruption.

Le second aspect a trait au recours à l'imagerie satellitaire et recoupe les intentions stratégiques états-uniennes mentionnées précédemment. Afin d'effectuer une « intégration [des différentes composantes] à une échelle globale », « la vue depuis l'espace est nécessaire »⁷³². Bien entendu, les techniques satellitaires ne sont pas les seules à être mentionnées. Les enjeux de l'enquête sont nombreux : dynamique des nuages, transfert d'énergie entre océan et atmosphère, contrôle de la cryosphère, perturbation des cycles biogéochimiques, fonctionnement de la biosphère, etc., ce qui suscite l'usage d'autres instruments. Cependant, la modélisation et la télédétection spatiale occupent une place centrale dans l'argumentation générale et cette place trouvera une position de choix dans les programmes de SST américains, ce qui aura des effets discursifs et épistémiques non négligeables.

Malgré une première présentation du projet très controversée lors de la deuxième conférence sur l'usage pacifique de l'espace (UNISAPCE, 1982)⁷³³, la NASA et le NRC conservent en grande partie leur approche conférant un rôle central aux satellites. Suite à l'incident de la mission Challenger en janvier 1986 qui entraîne le décès de la totalité de

⁷³⁰ R. GOODY, *Global Change: Impacts on Habitability*, *op. cit.*, p. 3-4

⁷³¹ *Ibid.*, p. 4

⁷³² *Ibid.*, p. iii-iv

⁷³³ Ce programme n'est pas présenté comme international et majeur, seulement comme proposition de collaboration avec un petit nom d'états pour ne pas faire concurrence au WRCP. Mais la politique étasunienne de militarisation de l'espace pose question ; le contrôle de l'accès à l'imagerie satellite serait réservée aux Etats-Unis alors que s'exprime le souhait d'un contrôle de l'ONU des satellites et une peur de la privatisation. E. M. CONWAY, *Atmospheric Science at NASA: A History*, *op. cit.*, p. 224

l'équipage, la NASA se voit contrainte de repenser de fond en comble l'organisation et la justification de ses programmes en proposant une perspective générale qui soit susceptible de soulever un nouvel élan spatial. Le rapport de l'astronaute Sally Ride, réalisé dans ce but, recommande le lancement de Mission to Planet Earth, au côté de l'exploration du système solaire, de la lune et de l'envoi d'humains sur Mars⁷³⁴. D'autre part, sous la direction du chimiste de l'atmosphère au Goddard Space Flight Center, Dixon Butler, un groupe de travail produit notamment deux rapports importants entre 1984 et 1987 dressants les contours, très ambitieux, de l'*Earth Observing System* (EOS) que Ride inclut dans Mission to Planet Earth. Celui-ci n'est certes pas destiné à remplacer les dispositifs et les pratiques déjà existantes, mais d'ajouter un outil fondamental à la panoplie actuelle.

Cependant, ce système d'observation est précisément une réponse majeure aux enjeux épistémiques et environnementaux. Décrit non pas seulement en tant que dispositif instrumental, mais comme un véritable « système informationnel » (*information system*)⁷³⁵, l'EOS serait un moyen de « poursuivre une approche multidisciplinaire complète afin de comprendre la Terre comme système⁷³⁶. » En 1987, le groupe de travail, toujours en rappelant la nécessité d'autres mesures, place la sienne dans une position capitale :

Avec l'EOS, la communauté espère caractériser quantitativement notre planète et fournir un fondement pour la compréhension scientifique du système global qu'est la Terre. Cette compréhension nous permettra de prédire l'état futur d'environnement et comme il répondra aux événements naturels et aux activités humaines. Avec cette capacité, notre réponse aux images satellitaires de la Terre [il s'agit d'une référence à l'image de la « bille bleue »] est passée de l'émotionnel au rationnel, de l'intuition à la compréhension⁷³⁷.

En des termes encore plus clairs, EOS « va créer l'opportunité pour une révolution dans notre compréhension du Système Terre »⁷³⁸. Et le développement de cette approche ne se paie pas de mots : il s'agit de traduire « les questions scientifiques majeures auxquelles nous sommes confrontés » en des réquisits en termes de « mesure et de système de données », puis enfin « un sous-ensemble significatif de ces mesures requises [sont] traduites en des propositions de groupes d'instruments et en des paramètres de missions qui sont compatibles

⁷³⁴ S. RIDE, *Leadership and America's Future in Space: A Report to the Administrator*, Washington, D.C., NASA, 1987

⁷³⁵ Incluant notamment des algorithmes de traitement automatique des signaux aussi bien que des procédures d'accès et d'archivage des données voir EOS SCIENCE STEERING COMMITTEE (NASA), *From Pattern to Process: The Strategy of the Earth Observing System*, Washington, D.C., NASA, 1987, vol. 2, p. 132

⁷³⁶ SCIENCE AND MISSION REQUIREMENTS WORKING GROUP (NASA), *Earth Observing System: Science and Mission Requirements: Volume I*, Washington, D.C., NASA, Technical Memorandum, 86129, 1984, p. 1

⁷³⁷ EOS SCIENCE STEERING COMMITTEE (NASA), *From pattern to process*, op. cit., p. v

⁷³⁸ *Ibid.*, p. 130

avec les activités spatiales des années 1990. »

Plusieurs éléments intéressants doivent être relevés. D'abord le fait que cette ambition s'inscrit dans la volonté de produire des ensembles de données de long terme, sur plusieurs décennies, mais aussi qui concernent plusieurs phénomènes en même temps de manière à en corrélérer l'évolution⁷³⁹. Selon Conway, il s'agit de récolter de vastes ensembles de données pour saisir *a posteriori* des régularités (*patterns*), plutôt que de penser des ensembles instrumentaux propres aux divers phénomènes étudiés⁷⁴⁰. Par exemple, mesurer les vents au-dessus des océans et la biomasse des phytoplanctons permettrait de mesurer quantitativement la relation entre la productivité des océans et les mélanges induit par les vents⁷⁴¹. Le régime scopique recherché semble ainsi se caractériser par une recherche de simultanéité sur le long terme et par rapport à tout un ensemble de paramètres destinés à capturer les relations fonctionnelles *entre* les grands domaines physiologiques de la Terre et *suivant* les grands processus de circulation des éléments fondamentaux (énergie, éléments chimiques, eau). A la fin des années 1980, cette tendance sera confirmée et revisitée : « Les mesures doivent être globales, synoptiques et elles doivent être menées sur le long terme [...] ». Synoptiques car de nouvelles idées définissant l'échelle globale comme l'unique siège de processus déterminants ont émergé, justifiant de telles observations ; de long terme puisque les échelles de temps parfois engagées sont longues (événements El-Niño) ; et enfin simultanées car il faut précisément observer plusieurs processus en même temps, en quelque sorte au moment de leur interaction⁷⁴². Il y a donc une réelle performativité de la donnée, une capacité intrinsèque à produire de nouvelles perspectives, à créer des ponts insoupçonnés entre les phénomènes⁷⁴³.

⁷³⁹ *Id.*

⁷⁴⁰ E. M. CONWAY, *Atmospheric Science at NASA: A History*, *op. cit.*, p. 226

⁷⁴¹ EOS SCIENCE STEERING COMMITTEE (NASA), *From pattern to process*, *op. cit.*, p. 3

⁷⁴² SPACE SCIENCE BOARD (NRC), *Space Science in the Twenty-First Century: Imperatives for the Decades 1995 to 2015. Overview*, Washington, D.C., NASA, Livre, 19890005771, 1988, p. 7-8

⁷⁴³ On pourra aussi s'intéresser à l'enquête lancée en 1994 par la NASA et le NRC sur le futur des « sciences de l'espace au vingt-et-unième siècle ». Six groupes de travail sont organisés dont un porte sur les sciences de la Terre. Voir SPACE SCIENCE BOARD (NRC), *Space Science in the Twenty-First Century*, 1988, *op. cit.*

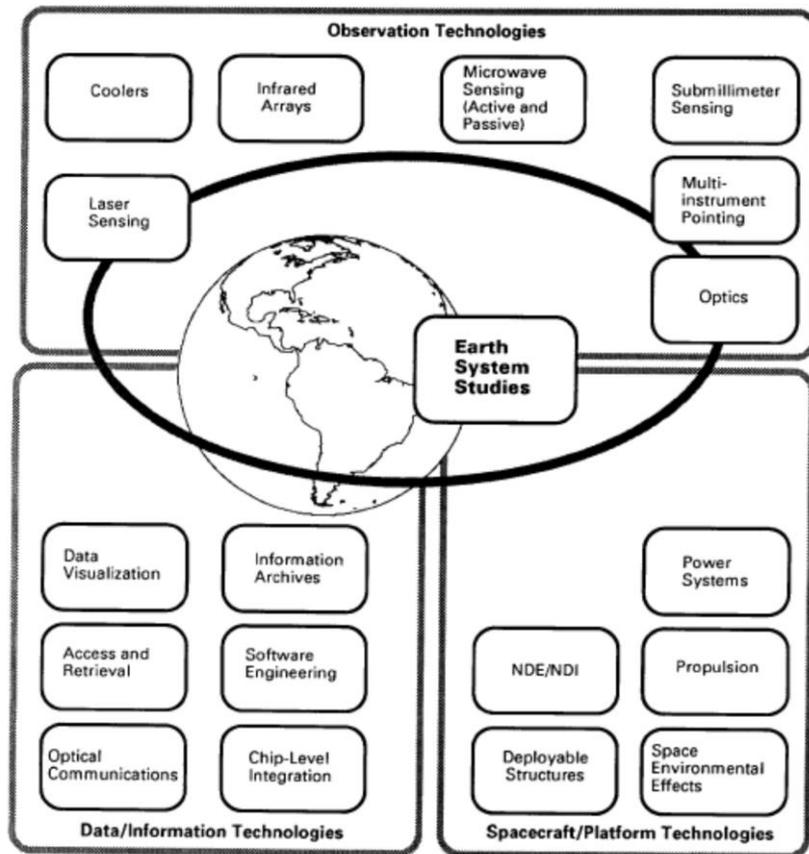


Figure 26 – Représentation des différents types de technologies de mesure susceptibles d’être convoquées dans le dispositif d’observation de la Terre⁷⁴⁴.

Certes, l’image du globe que suppose ce type d’instrumentation reste fondamentalement lacunaire par rapport à la représentation virtuellement exhaustive du globe, quoiqu’il puisse en aller autrement du point de vue du discours et de la mise en récit de l’activité scientifique. Comme il arrive souvent, ce qui apparaît comme totalité sur le plan discursif se réfère, au niveau de l’expérience, à des agencements réels donc à des totalités partielles, et voulues comme telles par la pratique⁷⁴⁵. Cependant, on voit également que le type de régime scopique associé, dans les travaux de la NASA, à la notion de « système Terre » propose une nouvelle étape phénoménoteknique dans la mesure où, il y a, comme nous l’avons précédemment noté, une performativité de la donnée, une vision englobante au sens où la globalité des processus est d’abord recherchée à même les données attendues ou espérées. La conception d’un « système Terre » depuis l’espace apparaît étroitement liée à la promesse d’un régime scopique qui lui soit commensurable, pouvant saisir à même l’échelle requise par son

⁷⁴⁴ NASA, *Global change technology architecture trade study*, Hampton, NASA, Technical Memorandum, 104128, 1991, p. 27

⁷⁴⁵ B. LATOUR, *Changer de société, refaire de la sociologie*, op. cit.

objet ses propres vérités depuis un point de vue spatial. Mais aussi, la promesse technologique d'observation semble être pour les acteurs de l'époque la réponse adéquate aux « changements globaux », et ce dans la continuité des programmes spatiaux des années 1970.

12.3 Le « système Terre »

Cette attention pour l'étude de la Terre ne se résume pas au déploiement de satellites et à la production de données toujours plus universelles. Déjà, au sein même de la conception de l'EOS, le « système Terre » est considéré comme un ensemble de trois principaux fonctionnements (cycle de l'eau, cycles biogéochimiques, processus climatiques) traversant cinq champs biologiques, chimiques et physiques (Figure 27), tous en interaction.

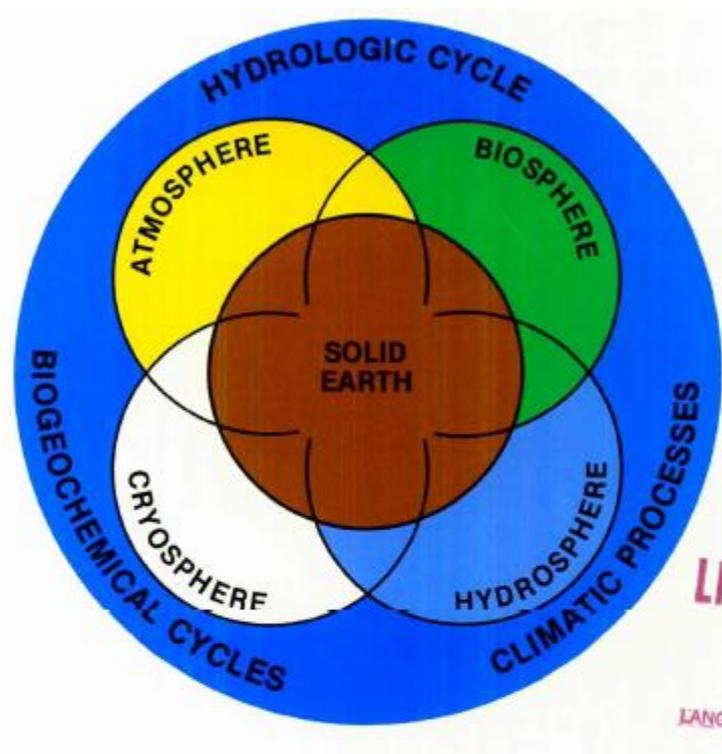


Figure 27 – Page de garde du rapport de 1984, Science and Mission Requirements Working group de l'EOS. Il y est écrit « Les processus fondamentaux qui gouvernent et intègrent ce système sont le cycle hydrologique, les cycles biogéochimiques et les processus climatiques, et chacun inclut des phénomènes physiques, chimiques et biologiques. »⁷⁴⁶

Mais l'effort de conceptualisation en soi revient notamment au groupe dit « de

⁷⁴⁶ SCIENCE AND MISSION REQUIREMENTS WORKING GROUP (NASA), *Earth Observing System: Science and Mission Requirements: Volume I, op. cit.*, p. v

Bretherton » souhaitant procéder à une reconstruction complète des SST dans le cadre du renouveau du programme spatial états-unien, pris entre les nouveaux impératifs de l'administration Reagan, sa confiance indéfectible en les pouvoirs observationnels des satellites, et l'échec cuisant de 1986. Directeur du Centre national pour la recherche atmosphérique (National Center for Atmospheric Research (NCAR)), et promoteur inaltérable des programmes de sciences de la Terre dans la NASA, Francis Bretherton souhaite rassembler des acteurs aux vues parfois divergentes sur ces derniers autour du travail du Earth System Sciences Committee (ESSC) de la NASA tout juste fondé. Il y parvient puisque le groupe de Bretherton comprend des acteurs de cette institution, de la NOAA, de la National Science Foundation (NSF), de l'Institut d'études géologiques des États-Unis (United States Geological Survey (USGS)), de l'Office of Science and Technology Policy. Mais également des acteurs des mondes universitaire, industriel, militaire et civil⁷⁴⁷. De plus, la consultation est bien plus large que ce seul groupe et de nombreux acteurs impliqués dans l'IGBP ou le WCRP s'y retrouvent : William Clark, Thomas Malone, Pamela Matson, John McElroy, Veerabhadran Ramanathan, Ichtiague Rasool, Stephen Schneider, Robert Watson ou encore Roger Revelle⁷⁴⁸. Se réunissant à partir de 1984, ce groupe forme des unités de travail se focalisant sur des sujets spécifiques jusqu'en juin 1985. Plusieurs difficultés liées à la réflexion interdisciplinaire font alors surface. D'abord l'usage différencié des modèles au sein des pratiques épistémiques – le monde de l'atmosphère y recourant depuis des années, contrairement à celui de l'océan. Ensuite, et sans doute plus profondément, l'incommensurabilité des échelles de temps impliquées dans les phénomènes que les SST ont vocation à examiner : quelques heures pour l'atmosphère, plusieurs siècles pour les océans, au moins plusieurs millénaires pour la terre.

⁷⁴⁷ R. B. LESHNER, *The Evolution of the NASA Earth Observing System: A Case Study in Policy and Project Formulation*, op. cit., p. 90-120

⁷⁴⁸ EARTH SYSTEM SCIENCES COMMITTEE (ESSC), *Earth System Science: A Closer View*, Washington, DC, NASA, 1988, p. 203

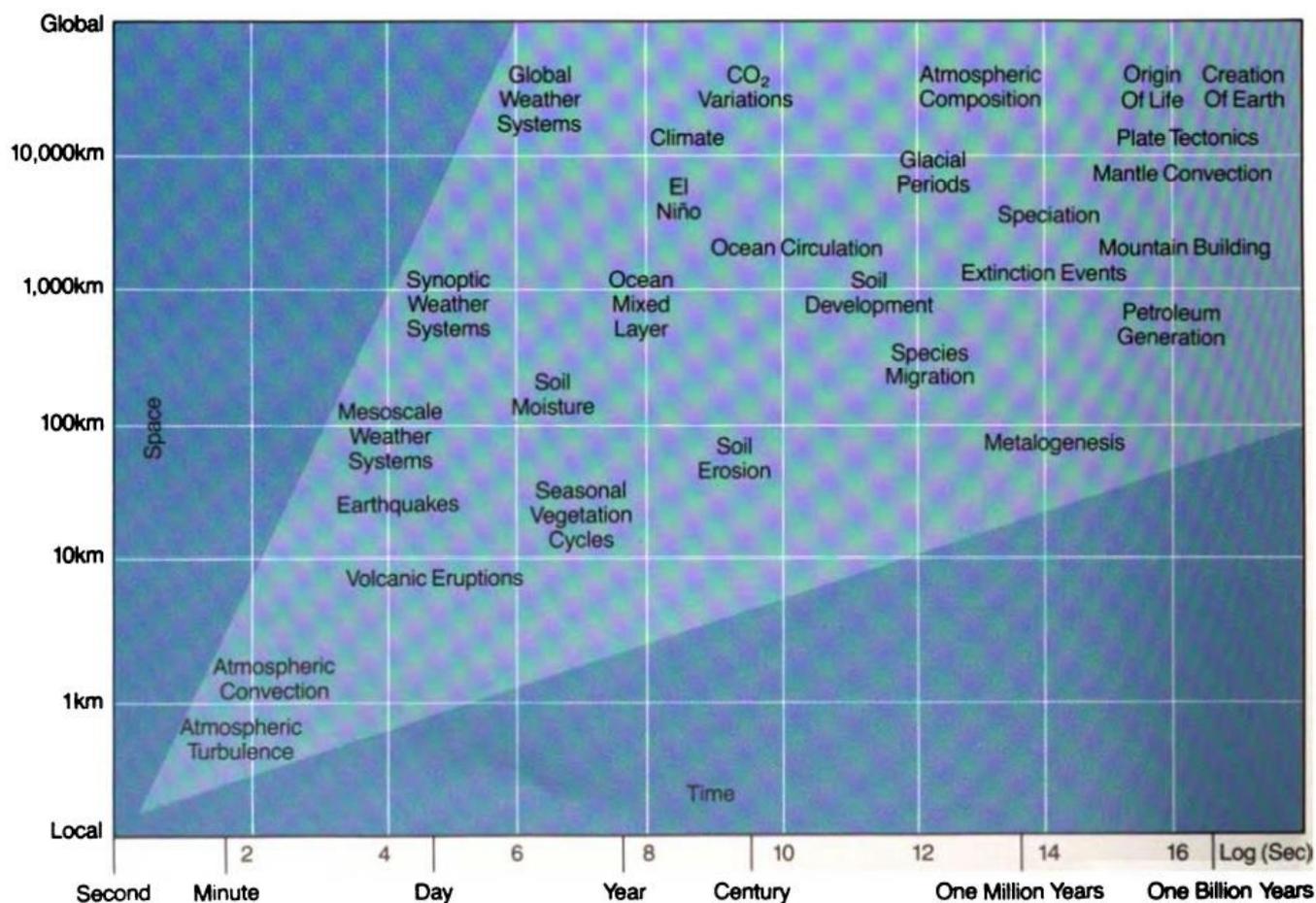


Figure 28 – Schéma de distribution des phénomènes principaux engagés dans le fonctionnement du « système Terre » selon les échelles de temps et d'espace⁷⁴⁹.

En 1986 le premier rapport du groupe de Bretherton paraît finalement : le second publié deux ans plus tard, n'apporte pas d'éléments significativement plus importants pour notre problème. Ces deux rapports se présentent comme une synthèse des travaux états-uniens sur les SST et d'une large consultation dans le milieu des sciences de la terre. Ils se font largement le portevoix des recommandations sur les satellites et les modèles, mais aussi sur le développement de la paléoclimatologie⁷⁵⁰. D'une longueur plutôt réduite, le premier se propose de jeter de nouvelles bases conceptuelles des SST tout en produisant la synthèse des propositions concernant les autres domaines, notamment celui de l'observation spatiale. Les SST, comme « approche complète et unifiée » de la Terre, se donnent pour objectif de saisir « le système Terre entier à l'échelle globale en décrivant comment ses composantes et leurs

⁷⁴⁹ EARTH SYSTEM SCIENCES COMMITTEE (ESSC), *Earth System Science Overview: A Program for Global Change*, Washington, D.C, NASA, Technical Memorandum, 19890013598, 1986, p. 16

⁷⁵⁰ Dans la mesure où des observations « à l'échelle planétaire » seraient nécessaires « afin de stimuler la progression » des SST, seule les « systèmes spatiaux minutieusement conçus » peuvent fournir des observations simultanées et globales. *Ibid.*, p. 22, 26 et 38.

interactions ont évolué, comment elles fonctionnent, et comment on peut envisager qu'elles continuent à évoluer selon toutes les échelles de temps. » Cette capacité de prédiction concerne des « changements qui vont avoir lieu dans la prochaine décennie et le prochain siècle » à la fois naturellement et comme « réponse à l'activité humaine »⁷⁵¹.

Il existe trois justifications principales de cette entreprise. D'abord, la tendance générale des sciences de la Terre à décloisonner leurs objets de recherche. « En anticipant de plus amples représentations des interactions entre les composantes de la Terre [...] nous pouvons désormais opter pour une approche systémique pour les sciences de la Terre qui utilise des techniques d'observation globales couplées aux modélisations conceptuelles et numériques⁷⁵². » Ensuite, la promesse de « bénéfices pratiques » tels que l'amélioration de la prédiction météorologique, la gestion des ressources halieutiques, forestières et agricoles⁷⁵³. Les prédictions sismique et volcanique sont également en jeu autant que la découverte de ressources – pétrole, gaz, minéraux – mais aussi la gestion efficace des pêcheries. La connaissance porte avec elle un cortège de fabuleuses promesses et « le potentiel d'accroître encore plus loin les abondants avantages de la Terre » et même de relocalisation des modes de productions⁷⁵⁴. Enfin, le changement global, « facteur urgent », précipite cette « quête pour la connaissance ». L'humanité ne peut plus être tenue pour spectatrice « du drame de l'évolution de la Terre » : elle est devenue un acteur de cette évolution, « qui va altérer de manière significative notre habitat dans quelques générations ». D'où suit une confrontation immédiate avec le temps géologique : « Au cours du prochain ou des deux prochains siècles, les effets de l'activité humaine pourraient contribuer aux changements globaux de façon similaire à ceux connus dans le cadre de l'histoire géologique⁷⁵⁵. » Cette fois, la question du changement climatique prend le dessus sur les autres aspects du changement global croisés dans d'autres textes à tel point qu'elle en est le cadrage unique⁷⁵⁶.

Trois grandes promesses dont une que nous voudrions souligner : la conceptualisation du « système Terre ». De quelle façon embrasser un tel objet de manière à encourager les pratiques interdisciplinaires requises ? Dans une expérience de pensée, les auteurs nous invitent à considérer « la Terre depuis le lointain tel que cela est devenu possible par la technologie spatiale » : nous voyons la « Planète Bleue », mais « comment pourrions-nous décrire les

⁷⁵¹ *Ibid.*, p. 4

⁷⁵² *Ibid.*, p. 15

⁷⁵³ *Ibid.*, p. 4

⁷⁵⁴ *Ibid.*, p. 9-12 ; EARTH SYSTEM SCIENCES COMMITTEE (ESSC), *Earth System Science: A Closer View*, *op. cit.*, p. 12

⁷⁵⁵ EARTH SYSTEM SCIENCES COMMITTEE (ESSC), *Earth System Science Overview*, *op. cit.*, p. 20

⁷⁵⁶ *Ibid.*, p. 9-12

processus et l'évolution de cet objet⁷⁵⁷ ? »

Les nouvelles SST « promettent de fournir une compréhension plus profonde des interactions qui lient les composantes de la Terre en un système dynamique unifié ». On n'a plus affaire à « une collection de composantes individuelles », mais à un « ensemble de processus en interaction opérant sur un vaste éventail d'échelles temporelles et spatiales »⁷⁵⁸. Dans ce système, tout changement est susceptible de se propager à travers les échelles : propagations portées par l'interaction entre les sous-systèmes ou par la « non-linéarité du système ». Il s'agit donc de redécrire le « système Terre » non plus depuis la segmentation disciplinaire traditionnelle (schématiquement : atmosphère, océan, vivant, terre) mais selon les interactions du « système Terre » et leur position le long d'échelles de temps. « En conséquence, nous devons désormais voir la Terre comme un système dynamique, qui se présente sous la forme d'une collection de variables spécifiant leur état et les règles associées afin d'inférer la manière dont un état donné va évoluer⁷⁵⁹. » En retour, un tel positionnement contraste avec les descriptions fournies par les rapports du NRC examinés plus tôt, notamment la focale sur un périmètre centré autour de l'atmosphère et des cycles biogéochimiques.

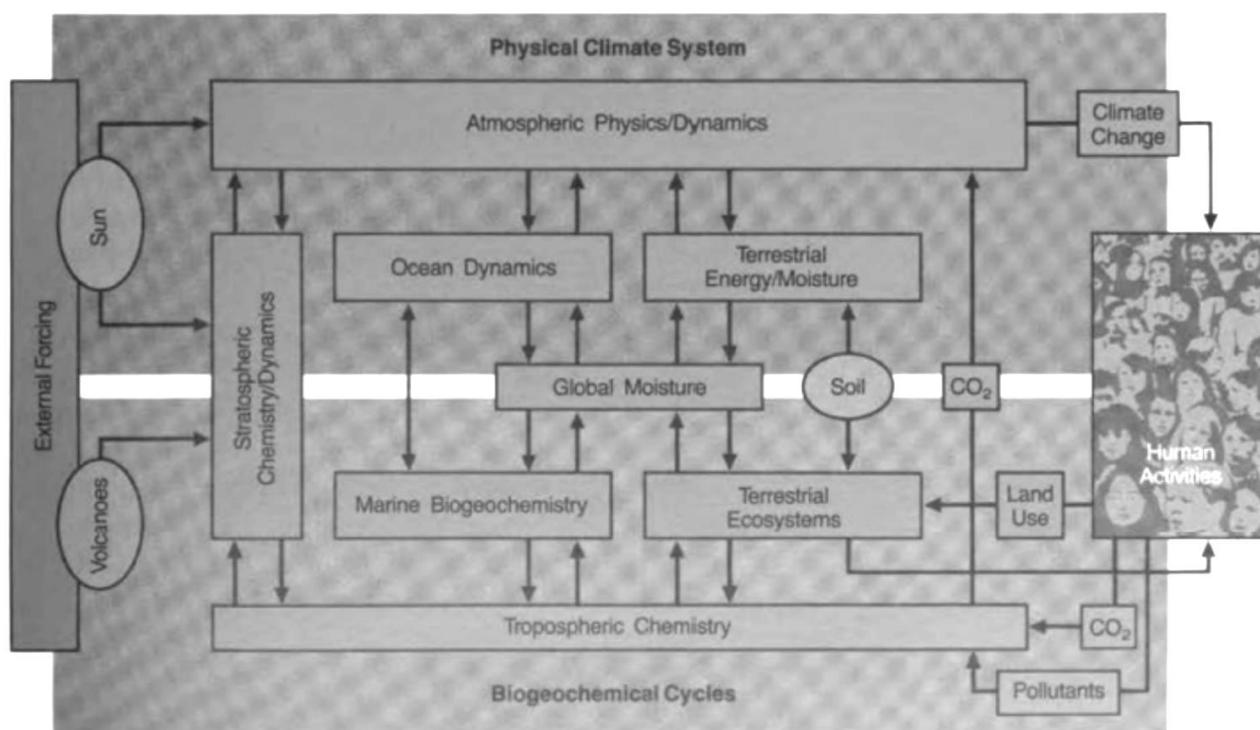


Figure 29 – Diagramme simplifié du « système Terre » selon Bretherton et ses collègues⁷⁶⁰, également appelé « diagramme de Bretherton », même si son auteur est

⁷⁵⁷ EARTH SYSTEM SCIENCES COMMITTEE (ESSC), *Earth System Science: A Closer View*, op. cit., p. 24

⁷⁵⁸ EARTH SYSTEM SCIENCES COMMITTEE (ESSC), *Earth System Science Overview*, op. cit., p. 15

⁷⁵⁹ *Ibid.*, p. 22

⁷⁶⁰ *Ibid.*, p. 19

Ce projet de redistribution est articulé à une proposition de modélisation du « système Terre », connue sous le nom de diagramme de Bretherton, quoique ce dernier n'en soit pas l'auteur (Figure 29). Idéalement, l'état du « système Terre » pourrait être représenté à « tout instant par une collection de variables » dont on pourra déterminer l'évolution. Or la complexité d'un tel modèle appelle en retour un modèle imbriquant des sous-systèmes dans le système général de « système Terre », dont les états sont à leur tour donnés par des modèles qualitatifs, mathématiques ou numériques⁷⁶². Le modèle conceptuel de « système Terre » a cependant une vocation à s'incarner dans des pratiques numériques : chaque composante du « système » est représentée par une boîte qui incarne des « groupes de sous-routines incorporant une connaissance détaillée des processus afférents fournie par les disciplines traditionnelles [...] »⁷⁶³. Ici les activités humaines sont représentées par une boîte en marge de la représentation générale et leur prise en compte doit s'effectuer par la modification des entrées (*input*) : au niveau conceptuel et formel, les activités humaines ne font donc pas encore partie des processus à modéliser, dont on pourrait rendre compte le caractère dynamique, non linéaire et interagissant⁷⁶⁴.

Un autre domaine du réel est marginalisé, ou plutôt évincé en l'occurrence. Le rapport de Bretherton présente la lithosphère comme partie intégrante du « système Terre », mais l'exclut du cadre de la modélisation à rebours de la présentation générale de cette catégorie dans le rapport et dans l'approche états-unienne de manière plus générale. Tout semble indiquer que cela est précisément dû à l'intérêt pour l'étude des changements globaux produits par l'activité humaine, dont l'inclusion semble modifier le cadrage général pour exclure les échelles de temps d'un ordre supérieur à celui du million d'années. « [...] l'humanité doit aussi vivre avec les résultats de changements provoqués par des facteurs naturels autant qu'anthropogéniques. Les processus de changement global sur cette échelle de temps peuvent être rassemblés en deux classes fondamentales : (1) le système climatique physique et (2) les cycles biogéochimiques, tissés ensemble par la présente ubiquitaire » du cycle de l'eau⁷⁶⁵.

De ce point de vue, l'action humaine pourrait apparaître comme le facteur cadrant

⁷⁶¹ S. P. SEITZINGER *et al.*, « International Geosphere–Biosphere Programme and Earth system science », *op. cit.*, p. 3

⁷⁶² EARTH SYSTEM SCIENCES COMMITTEE (ESSC), *Earth System Science: A Closer View*, *op. cit.*, p. 24-26

⁷⁶³ EARTH SYSTEM SCIENCES COMMITTEE (ESSC), *Earth System Science Overview*, *op. cit.*, p. 20

⁷⁶⁴ *Id.*

⁷⁶⁵ *Ibid.*, p. 17

fondamentalement l'approche états-unienne des sciences de la Terre. Or cela ne se présente pas clairement. D'abord parce que la géologie n'est pas mise à l'écart par les projets de la NASA et du NRC à la fin des années 1980, mais au contraire fait partie intégrante de la *Mission to planet earth* évoquée plus haut – contrairement aux sciences du « système Terre » portées par l'IGBP, comme nous le verrons par la suite. Mais surtout, remarquons que, parmi les grandes questions scientifiques identifiées en tant qu'objectifs épistémiques fondamentaux, aucune ne concerne explicitement et directement ce qui est cependant relié aux changements globaux (changement climatique, ozone, pluies acides). Bien que ces questions soient en partie suscitées par ces derniers, elles ne sont pas en tant que telles comprises comme objet d'étude principal et explicite, et il en va de même pour les effets des activités humaines⁷⁶⁶. Par conséquent, à ce niveau précis, il semble que du point de vue de la NASA les questions des changements globaux ne constituent pas un objet d'étude en soi, quoique certains acteurs, comme Goody par exemple, en soient par ailleurs porteurs. La NASA semble plutôt présupposer que la façon dont seront définis les réquisits fondamentaux de la recherche, les nouvelles cartes conceptuelles et les questions d'intérêt prioritaire – permettront de manière incidente seulement, d'éclairer les processus à l'œuvre.

12.4 Conclusion

Un autre argument éclaire néanmoins la position qu'occupe l'activité humaine dans les ambitions spatiales états-uniennes. Celle-ci est de façon régulière envisagée à la fois comme origine de changements importants, souvent comme « force majeure » des processus géophysiques, mais aussi comme ce qui doit être orienté, aidé, amélioré soit pour régler l'usage et l'exploration des ressources, soit pour le contrôle de la pollution, c'est-à-dire de la circulation de substances au sein de l'habitat terrestre. Par conséquent, du point de vue des sciences spatiales états-uniennes, les « sciences du système Terre » relèvent d'un savoir qui offre un instrument adéquat de pilotage de l'action humaine à l'échelle globale. Cet aspect nous autorise à les rapprocher du *diagnostic* dans la mesure où le domaine des SST instaure un modèle conceptuel permettant une synthèse *a priori* des signaux de la Terre, un cadre d'interprétation spécifique des éventuelles pathologies de la Terre depuis un regard extérieur à son objet. Fortement encadré dans une vision spatiale des sciences de la Terre, où les données satellitaires

⁷⁶⁶ Voir les quatre « objectifs fondamentaux des études de la Terre » dans SPACE SCIENCE BOARD (NRC), *Space Science in the Twenty-First Century: Imperatives for the Decades 1995 to 2015. Mission to Planet Earth*, Washington, D.C., NASA, Livre, 19890005772, 1988, p. 17.

offrent un surplomb réputé essentiel à l'obtention de données véritablement globales, le « système Terre » dénote non pas l'entrée en politique du globe terrestre, déjà politisé sous des formes variées, au moins depuis la conquête européenne du continent américain, mais les outils d'une gouvernamentalité de la Terre⁷⁶⁷.

⁷⁶⁷ Nous revenons en conclusion de cette partie sur ce point.

L'IGBP et les sciences du changement global

Just as a quarter of a century ago IGY [International Geophysical Year] lifted the eyes of a war-weary people everywhere to the vision of a better and more livable world, IGBP may have the potential of replacing fear with hope. Is it not possible that science and technology can develop the knowledge base upon which the power of world opinion operating through governments can choose a path with attractive vistas instead of one that places in jeopardy so many of the values that humankind treasures⁷⁶⁸?

— Thomas Malone, 1986

La même année que la première Conférence mondiale pour le climat qui donne l'impulsion à la création du WCRP, se tient la quatrième Assemblée générale de SCOPE à Stockholm, impliquant 110 participants de 24 pays différents et des représentants de grandes organisations internationales comme la WMO, le PNUE, l'UNESCO, l'OMS, l'UICN et le WWF. Parmi les quatre sessions de la journée consacrée aux questions scientifiques, trois relèvent de la biogéochimie telle qu'elle est synthétisée au sein de SCOPE⁷⁶⁹. Devant cette assemblée générale, Mostafa K. Tolba, directeur exécutif du PNUE et Gilbert F. White, président de SCOPE, exposent leur « déclaration sur le système de support de vie global (*Global*

⁷⁶⁸ T. F. MALONE, « Mission to Planet Earth », *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, vol. 28, n° 8, 1^{er} octobre 1986, p. 41

⁷⁶⁹ N. POLUNIN, « Fourth General Assembly of the Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) of the International Council of Scientific Unions (ICSU), held at the Royal Swedish Academy of Sciences, Stockholm, Sweden, 11–15 June 1979 », *Environmental Conservation*, vol. 6, n° 3, ed 1979, p. 248-248

life support system) », peu après publiée dans le bulletin du PNUE. Appelant à augmenter les efforts de recherche, les auteurs font des cycles biogéochimiques le paradigme programmatique privilégié. Selon eux, l'humanité a « une influence majeure » sur ces derniers et il devient essentiel de mieux comprendre les risques encourus par l'environnement global « afin d'obtenir une évaluation fiable des opportunités qui permettraient l'amélioration de la production de nourriture sur la terre et sur les mers. » Cette déclaration est également programmatique dans la mesure où elle appelle explicitement à un travail de coopération similaire à celle du World Climate Programme et doit produire « des résultats sous une forme utile aux décideurs politiques (*policy makers*)⁷⁷⁰ ».

D'une certaine manière, la création de l'International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) durant la seconde moitié des années 1980 répond à cette ambition de constituer une institution scientifique internationale qui aurait pour objet l'étude⁷⁷¹ des processus biogéochimiques à l'échelle globale et qui serait explicitement tournée vers la prise en charge politique. Cependant, ce n'est pas seulement sur ces deux aspects que la création de l'IGBP répond, indirectement, aux réquisits de Tolba et White. En effet, l'IGBP est peut-être l'institution scientifique internationale de la fin du XXe siècle qui s'approprie et déploie le plus la nouvelle rhétorique du « changement global » au cœur de ses objets. Il faut ici rappeler que le changement global concerne en droit toute modification de l'environnement terrestre à l'échelle globale, et par conséquent encapsule le changement climatique, ce pourquoi le GIEC ne nous semble pas correspondre exactement à ce trait. Comme nous allons le voir, l'IGBP quoiqu'influencée par le programme de sciences du « système Terre » américain, en déplace le cadrage vers ce qui apparaît déjà à l'époque comme une situation d'urgence globale où la force géologique de l'action humaine se révèle préoccupante. Ainsi, nous verrons que la notion de « changement global » (*global change*), ou de « changements globaux », n'est pas une expression simplement prélevée dans le langage ordinaire ; elle ne se réfère pas à un concept précis, mais fonctionne plutôt comme un mot-clé, un *buzzword* institutionnel. C'est avant tout une manière de *dramatiser le diagnostic environnemental global* (entre production des faits, organisation du discours et appel à l'action) qui fait corps avec le discours programmatique de l'IGBP et qui préfigure dans ses aspects généraux et dans ses fonctions sociales le discours anthropocénique des années 2000 à 2015.

⁷⁷⁰ G. F. WHITE et M. K. TOLBA, « Global Life Support Systems », dans R. W. Kates et I. Burton (éd.), *Geography, resources, and environment: Selected writings of Gilbert F. White*, Chicago London, University of Chicago press, 1986, vol. 1/2, p. 414-417

⁷⁷¹ Il s'agit bien d'enquête et non pas d'*assessments* comme SCOPE.

Tout en décrivant les modalités par lesquelles différents environnements globaux sont connectés les uns aux autres à travers le cadre conceptuel et institutionnel du « système Terre », mais aussi par l'élaboration de dispositifs instrumentaux, nous montrons ainsi comment, au sein de l'IGBP, l'orientation de cette volonté de savoir renvoie à une conception bien particulière du domaine des fluctuations terrestres soumises à l'influence humaine. Il convient de souligner que la caractérisation de ce moment étant cruciale, nous avons opté pour une grande précision descriptive. En effet, il nous semble que c'est un point historiographique important que de montrer que le *global change* n'est pas simplement une énonciation annexe des « sciences du système Terre », mais en constitue au contraire un des éléments centraux. Cela est d'autant plus important qu'il s'agit véritablement là du retour du pouvoir de dire l'action géologique humaine : c'est le réseau qui se construit autour de l'énonciation du changement global qui constitue la trame énonciative de la notion d'Anthropocène telle qu'elle émerge dans les SST au cours des années 2000.

13.1 Entre influence états-unienne et communauté des sciences climatiques et biogéochimiques

Les premiers échanges à propos de la création de l'IGBP se déroulent à la réunion du comité exécutif de l'ICSU en janvier 1983, à Stockholm. Ce dernier affirme la nécessité de comprendre les « interactions ayant lieu dans plusieurs parties de la géosphère et de la biosphère, y compris l'influence anthropogénique sur la productivité biologique. » La décision de lancer un programme majeur éclairant les interactions entre les « systèmes » globaux biologiques, physiques et chimiques est alors prise par le Comité général de l'ICSU, qui annonce l'organisation d'un symposium international au cours de l'Assemblée générale de l'ICSU à Ottawa en septembre 1983⁷⁷².

Sous la présidence de Thomas F. Malone, météorologue de la guerre froide habitué

⁷⁷² Quatre groupes de planification ad hoc (*ad hoc planning groups*) sont également créés en octobre 1983 par l'ICSU, et servent de fondement aux discussions qui ont lieu par la suite dans les arènes internationales : R. PRICE, *Report of the Ad Hoc Working Group on Geological Processes, Past and Present*, Paris, ICSU, 1986 ; F. DI CASTRI, *Report of the Ad Hoc Working Group on Terrestrial Ecosystems and Atmospheric Interactions*, Paris, ICSU, 1986 ; J. G. ROEDERER, *Report of the Ad Hoc Working Group on Upper Atmosphere and Near-Space Environment*, Paris, ICSU, 1986 ; J. MCCARTHY, *Report of the Ad Hoc Working Group on Marine Ecosystems and Atmospheric Interactions*, Paris, ICSU, 1986. La création du *ad hoc group*, présidé par John Kendrew puis Bert Bolin, a été apparemment motivée par Thomas F. Malone qui tentait depuis quelques années de « persuader » l'ICSU de « considérer sérieusement dans ses futurs programmes les interactions entre les mondes physiques et biologiques et l'humanité » S. P. SEITZINGER *et al.*, « International Geosphere–Biosphere Programme and Earth system science », *op. cit.*, p. 3

des cénacles hautement sécurisés⁷⁷³, et le physicien argentin immigré aux Etats-Unis Juan G. Roederer alors vice-président de l'US Arctic Research Commission et acteur impliqué au niveau exécutif dans les programmes de géophysique de l'ICSU, plus de 400 scientifiques participent à des échanges en vue de la création du nouveau programme. Cette assemblée regroupe une partie considérable des acteurs impliqués dans les discussions de l'époque sur les changements environnementaux globaux. Sont présents des personnages déjà évoqués, notamment Crutzen, Bretherton, Bolin ou Revelle. Mais on retrouve également Crawford Holling, biologiste renommé pour avoir contesté, dans les années 1970, l'idée de stabilité des écosystèmes et les politiques de contrôle des ressources qui s'en suivaient et proposé une écologie dynamique pouvant rendre compte des effondrements brusques, résultant notamment d'un trop grand contrôle humain. Il est à l'époque directeur de l'IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis⁷⁷⁴), institut qui investit alors lui aussi les questions environnementales globales⁷⁷⁵. Un autre personnage de l'IIASA est présent. Protégé de Holling et acteur que l'on croise dans de nombreux rapports appartenant au discours du *global change* et de l'Anthropocène durant les prochaines décennies, William Clark assume cette année pour cette institution la direction d'une étude de « faisabilité » sur le « développement soutenable de la Biosphère ». Outre Bretherton, Malone et Roederer, les acteurs des SST états-uniennes sont aussi représentés par John MacElroy, alors impliqué dans la branche environnementale des activités satellitaires de la NOAA et un des artisans de la coopération entre NOAA et NASA durant les années 1980, ou encore Herbert Friedman, président de la Commission on Physical Sciences, Mathematics, and Resources au sein du NRC, qui initie à l'époque un programme de « changement global », plus ou moins indépendant des activités de la NASA⁷⁷⁶. Rassemblant donc des acteurs proches des intérêts spatiaux, autant que des acteurs n'en relevant pas, le symposium d'Ottawa affirme trois raisons de lancer un programme international : la nécessité de saisir ensemble les composantes biotiques et abiotiques du globe, inextricablement liées ; des avancées technologiques offrent de nouvelles possibilités de mesure et de création de données (surtout via les satellites) ; enfin, l'influence des activités humaines devient

⁷⁷³ J. R. FLEMING, *Fixing the sky*, *op. cit.*, p. 181

⁷⁷⁴ L'IIASA est fondé en 1972 par les organes scientifiques émanant d'une douzaine de pays. Il est situé à Laxenbourg, en Autriche, et son objet consiste à développer les approches systémiques (analyse des systèmes) dans un ensemble très varié de savoirs, dont les savoirs de la Terre et les savoirs sociaux. Holling en est le directeur de 1981 à 1984.

⁷⁷⁵ C. S. HOLLING, « Current Research at IIASA on Environmental Conservation », *Environmental Conservation*, vol. 10, 1983, p. 359

⁷⁷⁶ R. B. LESHNER, *The Evolution of the NASA Earth Observing System: A Case Study in Policy and Project Formulation*, *op. cit.*, p. 63-113

commensurable aux processus naturels qui contrôlent le « système de support de vie global⁷⁷⁷. »

L'ICSU instaure un groupe de planification (*ad hoc planning group*), devant soumettre son rapport à sa vingt-et-unième Assemblée générale, à Berne deux ans plus tard⁷⁷⁸. D'abord présidé par John Kendrew puis rapidement par Bolin, ce groupe se réunit plusieurs fois entre 1984 et 1985 et soumet sa proposition à Berne en septembre 1986, comme convenu avec l'ICSU, qui l'approuve en retour. Kendrew, successivement secrétaire général, vice-président et président de l'ICSU entre 1974 et 1988, considère l'instauration de l'IGBP comme un événement capital dans l'ordre des savoirs. Ainsi affirme-t-il que ce programme « sera certainement le projet le plus ambitieux, le plus vaste, et celui qui approfondira le plus notre connaissance des possibilités futures de l'humanité parmi les projets que l'ICSU ait jamais entrepris.⁷⁷⁹ » Thomas Malone souligne en 1986 la longue histoire des tentatives pour unir « géophysique » et « écologie globale », prenant racine chez Suess et Vernadsky⁷⁸⁰. L'IGBP serait en quelque sorte la « culmination » de cette ligne de pensée, et répondrait à une nécessité pressante de trouver une réponse aux conséquences des activités humaines. « A moins que nous soyons prêts, ajoute Malone, à permettre l'exacerbation des inégalités liées à l'accès aux ressources nécessaires aux besoins humains, il est impératif que des méthodes soient développées pour réconcilier les développements humain et économique avec la préservation de la biosphère⁷⁸¹. » Ainsi, la création de l'IGBP semble susciter une indiscutable vague d'espoir dans le monde des sciences de la Terre et la promotion grandiose dont il jouit alors peut sembler surprenante trois décennies plus tard, tant ce programme reste peu connu du grand public.

En 1987, un an avant la fondation du GIEC, James J. McCarthy, de l'université d'Harvard et membre du Global Change Committee du NRC, prend la tête du comité spécial en charge de concevoir l'architecture opérationnelle de l'IGBP⁷⁸². Le spécialiste d'écologie des sols Thomas Rosswall, qui dirige le groupe du cycle du phosphore de SCOPE de 1980 à 1981, de l'université de Linköping, est choisi comme directeur de l'IGBP et l'Académie Royale des

⁷⁷⁷ T. F. MALONE et J. G. ROEDERER (éd.), *Global Change: The Proceedings of a Symposium Sponsored by the International Council of Scientific Unions (ICSU), Held During Its 20th General Assembly in Ottawa, Canada, on September 25, 1984*, Cambridge ; New York, ICSU Press, coll. « ICSU Press symposium series », n° 5, 1985, p. xiv-xv

⁷⁷⁸ T. F. MALONE, « How it all began », *op. cit.*

⁷⁷⁹ Cité dans IGBP SPECIAL COMMITTEE, *IGBP: A plan for action*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°4, 1988, p. 3

⁷⁸⁰ T. F. MALONE, « Mission to Planet Earth », *op. cit.*, p. 9

⁷⁸¹ T. F. MALONE, « Overview: Biogeochemical Cycles: A New Research Agenda », *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, vol. 26, n° 7, 1^{er} septembre 1984, p. 5

⁷⁸² Rappelons que les comités spéciaux (*Special committees*) de l'ICSU sont des groupes dont l'objet consiste à instaurer les programmes validés la plupart du temps durant une assemblée générale de l'ICSU.

sciences de Suède propose d'en héberger le secrétariat⁷⁸³. Le nom complet de l'institution, repris dans ses documents de communication autant que dans le logo, est révélateur. International Geosphere-Biosphere Programme : A study of Global Change affirme d'emblée que le périmètre d'étude ne concerne pas la totalité de la Terre, et que l'enjeu principal de ce projet est la description du changement global depuis la connaissance des interactions entre géosphère et biosphère – quoique comme on le verra, il s'agira plutôt des processus biogéochimiques, climatiques et écologiques globaux.

Il s'avère néanmoins nécessaire de préciser que l'analyse de l'invention institutionnelle et discursive qui s'effectue autour de la création de l'IGBP doit rappeler l'influence états-unienne en la matière. En effet, la NAS ne se contente pas du développement de son programme spatial avec la NASA. Elle élabore parallèlement un programme national d'étude sur les changements globaux, ainsi que l'ébauche d'un programme international ambitieux sous l'égide de l'ICSU. Dès son entrée dans la NASA au début des années 1980, l'ancien officier de l'United States Navy et nouveau co-administrateur de l'Office of Space Science and Applications sous la direction duquel se retrouvent notamment toutes les sciences de la Terre et de l'espace de l'agence, Burton Edelson, entre en contact avec Herbert Friedman, président de la commission des sciences physique du NRC, afin de concevoir un programme dédié à la question de l'habitabilité globale (*global habitability*)⁷⁸⁴. Dans ce cadre et à l'occasion du 25^{ème} anniversaire de l'AGI, le NRC lance son propre programme de *global change* et promeut sa propre vision d'un IGBP⁷⁸⁵.

En 1984, le NRC crée un comité national pour l'IGBP (U.S. National Committee for the IGBP) officiellement baptisé « Comité sur le changement global » (Committee on Global Change)⁷⁸⁶. Au travers de multiples rapports publiés au cours des années 1980, ce comité définit la vision états-unienne de l'IGBP et son programme national d'étude des changements globaux. Cependant, il convient d'observer qu'un nombre non négligeable d'acteurs se retrouvent dans l'un ou l'autre processus d'élaboration de l'IGBP. A titre d'exemple, parmi les dix-neuf membres internationaux du comité spécial présidant à l'instauration de l'IGBP, on trouve trois

⁷⁸³ Comme le note justement Dutreuil, bien des acteurs impliqués dans l'IGBP étaient également impliqués dans les travaux de SCOPE : non seulement Rosswall, mais aussi Bolin, Kates, Moore, Malone, auxquels on peut également ajouter Crutzen. S. DUTREUIL, *Gaïa*, *op. cit.*, p. 226

⁷⁸⁴ R. B. LESHNER, *The Evolution of the NASA Earth Observing System: A Case Study in Policy and Project Formulation*, *op. cit.*, p. 75-76

⁷⁸⁵ COMMITTEE ON GLOBAL CHANGE (U.S. NATIONAL COMMITTEE FOR THE IGBP), *Toward an International Geosphere-Biosphere Program: A Study of Global Change, Report of a National Research Council Workshop, Woods Hole, Massachusetts, July 25-29, 1983*, Washington, D.C., National Research Council, 1983

⁷⁸⁶ Au sein de l'organisation de l'IGBP instituée, des comités nationaux sont créés dans tous les pays participants. Ici, l'existence du comité américain pour l'IGBP précède ces créations et relève d'une autre nature.

membres états-uniens dont tous font également partie du Comité sur le changement global états-unien (Eddy, Fyfe et McCarthy). Et c'est sans compter sur les représentants états-uniens assistant aux délibérations en vue de concevoir pratiquement l'IGBP (Malone, Bretherton, Clark, etc.). La volonté d'étudier ces questions est rendue manifeste dès un rapport de 1983 du NRC, qui précise que le thème du « changement global » est « omniprésent » dans les sessions de travail. Toutefois, ce changement n'est point la particularité des conséquences de l'action humaine mais se retrouve dans des processus « à toutes les échelles de temps »⁷⁸⁷. C'est bien la découverte de la variabilité des processus terrestres, de leur capacité à échapper aux cadres prédictifs qui justifie, au côté de la mise en évidence des interactions majeures, l'idée d'un programme du point de vue états-unien centré sur le thème des changements globaux. Cependant, comme nous allons le voir, dans le cas de l'IGBP, ce qui en précipite la nécessité, ce qui intime l'urgence de savoir reste à ce moment l'importance des conséquences environnementales de l'action humaine, la rapidité et la sévérité avec lesquelles elles sont susceptibles de se manifester.

Ainsi y a-t-il un changement de cadrage substantiel entre la vision du programme états-unienne et celle qui résulte des tractations au sein de l'ICSU. De manière significative, au début des années 1990, et donc au moment de la fondation de l'IGBP, le Committee on global change du NRC édite un rapport sur les « stratégies de recherche » étasuniennes pour un programme de changement global. Par contraste avec les textes de l'IGBP, la sobriété du propos et l'absence de toute urgence est frappante. Des « problèmes » (*issues*) sont identifiés (réchauffement climatique, épuisement de l'ozone stratosphérique, déforestation) et l'enjeu est classiquement d'améliorer les connaissances disponibles dans le dessein de fonder « sur des évaluations scientifiques » d'éventuelles politiques d'adaptation ou d'atténuation. Ce changement global est la résultante « d'activités humaines surimposées à la variabilité naturelle du système Terre » et chacune de ses manifestation « repose sur la capacité de comprendre le système Terre dans sa totalité et les interactions entre l'atmosphère, les océans, la terre et les biotes-y compris les humains⁷⁸⁸. » D'autre part, cependant, on peut y lire que le programme de *global change* états-unien est voué à fonctionner sous l'auspice du Committee on Earth Sciences, tout juste rebaptisé Committee on Earth and Environmental Sciences, lui-même organe du Federal Coordinating Council for Science, Engineering, and Technology (FCCSET).

⁷⁸⁷ COMMITTEE ON GLOBAL CHANGE (U.S. NATIONAL COMMITTEE FOR THE IGBP), *Toward an International Geosphere-Biosphere Program: A Study of Global Change, Report of a National Research Council Workshop, Woods Hole, Massachusetts, July 25-29, 1983, op. cit.*

⁷⁸⁸ COMMITTEE ON GLOBAL CHANGE (U.S. NATIONAL COMMITTEE FOR THE IGBP), *Research Strategies for the U.S. Global Change Research Program*, Washington, D.C., National Research Council, 1990, p. 1 et 9

Ces détails de nature administrative ne sont pas superflus, car ils disent quelque chose du discours états-unien sur le changement global entre la fin des années 1980 et les années 1990. En effet, le FCCSET est un organe d'administration des programmes techno-scientifiques états-uniens, créé en 1976 et servant de conseil à l'Office of Science and Technology Policy, et fait office à l'époque de courroie de transmission entre le monde techno-scientifique et le monde politique et administratif aux Etats-Unis. Dans ce cadre, à la fin des années 1980, le Committee on Earth Sciences est fondé afin de coordonner différentes agences sur les sciences de la Terre et comprend des membres des Départements de l'agriculture, de la défense, de l'énergie, de la NSF, de la Nasa et aussi de l'Office of Management and Budget. Entre sa création et le début des années 1990, les relations entre ce comité et les trois organisations impliquées dans la recherche sur le changement global (NASA, NSF et NOAA) sont mouvementées, mais réussissent néanmoins à faire adopter la vision du groupe de Bretherton au Congrès, qui constitue ainsi le cadre général des SST et du programme de changement global états-uniens⁷⁸⁹. Cependant, dans ses rapports, qui comprennent des recommandations budgétaires pour le congrès en se fondant sur les éléments proposés par la NASA, le NRC et la NOAA, le rôle de l'action humaine reste encore en marge de l'étude du « système Terre ».

En effet, appuyant les incertitudes à l'égard des conséquences environnementales des activités humaines et soulignant que certains changements globaux pourraient être le fait de causes naturelles comme dans le passé géologique, les rapports d'évaluation du programme de changement global états-unien pour les années fiscales entre la fin des années 1980 et la première moitié des années 1990 révèlent que le processus de négociation scientifico-administratif est loin de véhiculer un sentiment d'urgence et consiste plutôt à faire valoir l'étude du « système Terre » orientée vers la prédiction de toute évolution globale, sur le modèle des programmes météorologiques des années 1960 et 1970⁷⁹⁰ : le discours de maîtrise du temps, d'anticipation, est avant tout ce qui domine quant à la justification d'un programme de « changement global » états-unien. Non seulement peut-on interpréter ce cadrage comme

⁷⁸⁹ R. B. LESHNER, *The Evolution of the NASA Earth Observing System: A Case Study in Policy and Project Formulation*, op. cit., p. 133-159

⁷⁹⁰ COMMITTEE ON EARTH SCIENCES (NRC), *Our Changing Planet: A U.S. Strategy for Global Change Research : a Report*, Washington, D.C., National Research Council, 1988 ; COMMITTEE ON GLOBAL CHANGE (U.S. NATIONAL COMMITTEE FOR THE IGBP), *Our Changing Planet: the FY 1991 Research Plan of the U.S. Global Change Research Program*, Washington, D.C., National Research Council, 1990 ; COMMITTEE ON EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCES, FEDERAL COORDINATING COUNCIL FOR SCIENCE, ENGINEERING, AND TECHNOLOGY, et NATIONAL RESEARCH COUNCIL, *Our changing planet: the FY 1992 U.S. Global Change Research Program*, Washington, D.C., The National Academies Press, 1991 ; COMMITTEE ON EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCES, FEDERAL COORDINATING COUNCIL FOR SCIENCE, ENGINEERING, AND TECHNOLOGY, et NATIONAL RESEARCH COUNCIL, *Our changing planet: the FY 1993 U.S. Global Change Research Program*, Washington, D.C., The National Academies Press, 1992

minima résultant d'acteurs provenant de champs différents, mais aussi d'après un contexte très peu favorable aux alertes et régulations environnementales, spécifique ici au contexte national états-unien. La présence du climato-négationnisme Fred Singer dans le Committee on Earth Sciences du FCCSET n'est pas toute la clé de l'explication mais un signe de cette situation dans laquelle les administrations Reagan et Bush ont, malgré ses équivocités, opéré le tournant anti-environnemental et néo-conservateur dans le Parti Républicain⁷⁹¹.

En tant que programme, l'IGBP dure presque trente ans, entre 1986 et 2015. Au cours de cette période, il a produit plus de quatre-vingt ouvrages et rapports (*IGBP Book series* et *IGBP Report series*) dont la plupart présentent des synthèses de travaux effectués en lien avec le réseau constitué par l'IGBP, sans compter les multiples publications découlant des nombreux sous-programmes impliqués. En outre, l'institution publie un journal (*IGBP Newsletter*) destiné aux participants dont plus de quatre-vingt numéros paraîtrons. Sietzinger et ses collègues distinguent trois phases principales dans la vie de l'institution. S'étalant entre 1986 et 2000, la première est relative à l'instauration du réseau scientifique des principales composantes programmatiques de l'IGBP et leur mise au travail en fonction des grandes composantes thématiques liées à celles du « système Terre ». La deuxième (2000-2010) correspond au moment de synthèse générale des sous-programmes et de leur rencontre, de l'effectuation concrète de l'interdisciplinarité promue largement au cours des années 1980. La troisième, plus courte (2000-2015), se voit investie par la question politique de ce qui est nommé la « soutenabilité » et par un souci accru de publicisation des principaux résultats synthétiques de l'IGBP. Cette dernière phase a également trait à la conception du programme succédant à l'IGBP : Future Earth⁷⁹². Durant ces trois décennies, plus d'une quinzaine de projets sont menés, à la fois sur l'obtention de données concernant le passé et le présent de la Terre mais aussi sur la modélisation du « système Terre » (Tableau 15). Si cette périodisation est intéressante il faut néanmoins préciser que les premières années de l'IGBP sont majoritairement consacrées à la définition de ses sous-programmes principaux (*Core projects*), qui ne verront le jour qu'au milieu des années 1990 – en effet le détail des programmes et leur mode d'action n'est présenté qu'en 1994 car ce dernier nécessite un long travail de préparation entre plusieurs centaines d'acteurs de pays différents⁷⁹³.

⁷⁹¹ Pour le rapport du comité, voir : COMMITTEE ON EARTH SCIENCES (NRC), *Our Changing Planet*, *op. cit.*. Au sujet de Fred Singer, voir son rôle déterminant dans la négation systématique des problèmes environnementaux dans l'espace public américain N. ORESKES et E. M. CONWAY, *Les marchands de doute ou Comment une poignée de scientifiques*, J. Treiner (trad.), Paris, Le Pommier, 2014.

⁷⁹² S. P. SEITZINGER *et al.*, « International Geosphere–Biosphere Programme and Earth system science », *op. cit.*

⁷⁹³ IGBP, *IGBP in Action: Work Plan 1994 - 1998*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°28, 1994

Ainsi se profile une période de maturation du projet entre 1986 et 1994, qui précède la phase proprement opérationnelle. Ce qui nous importe ici, c'est de mettre en évidence certains éléments, spécifiques de l'architecture discursive qui préside à la création de l'IGBP ainsi que les objets et les catégories et qui y jouent un rôle déterminant. Du point de vue états-unien, le rapport de Goody, et plus généralement des rapports produit par la NASA sur le « système Terre », sont d'une importance indéniable puisqu'ils sont le point de départ d'une série de rencontres et de rapports produits au sein des institutions scientifiques états-uniennes. Malgré cette origine commune, les programmes se différencient puisque le Committee on Global Change de l'ICSU cherche explicitement non pas à déterminer un programme spatial, particulièrement porté sur les Etats-Unis, mais à participer explicitement à l'élaboration d'un programme international et pluridisciplinaire qui *de facto* inclut une instrumentation spatiale⁷⁹⁴.

NASA	Executive Committee of a Workshop Held at Woods Hole	1982
NRC	Committee on Global Change (U.S. National Committee for the IGBP)	1983
ICSU	IGBP Ad Hoc Planning Group on Global Change	1986
NRC	Committee on Global Change (U.S. National Committee for the IGBP)	1986
ICSU	IGBP Special Committee	1987
ICSU	IGBP Special Committee	1988
ICSU	IGBP Special Committee	1988
NRC	Committee on Global Change (U.S. National Committee for the IGBP)	1988
NRC	Committee on Earth Sciences	1988
ICSU	IGBP Scientific Advisory Council	1989
ICSU	IGBP Scientific Advisory Council	1989
ICSU	IGBP	1990
NRC	Committee on Global Change (U.S. National Committee for the IGBP)	1990
NRC	Committee on Global Change (U.S. National Committee for the IGBP)	1990
ICSU	IGBP	1994

Tableau 15 – Principaux rapports du NRC et de l'ICSU concernant explicitement la programmation de l'IGBP entre 1983 et 1994. Les comités auteurs sont en gras et les institutions de rattachement sont précisées dans la colonne de gauche.

Cette élaboration donne naissance, du côté états-unien, à deux rapports importants, dont celui de 1990 concernant spécifiquement le programme national (Tableau 15). Du côté de l'ICSU, le Comité Spécial de l'IGBP (SC-IGBP), produit trois rapports sur la conception de l'IGBP et deux autres sont issus d'un retour sur ces derniers de la part du conseil scientifique

⁷⁹⁴ U.S. COMMITTEE FOR AN INTERNATIONAL GEOSPHERE-BIOSPHERE PROGRAM, *Global Change in the Geosphere-Biosphere: Initial Priorities for an IGBP*, Washington, D.C., National Research Council, Contractor Report, 19860011521, 1986, p. viii-xii

de l'institution (IGBP Science Advisory Council), lors d'événements qui se rapprochent de réunions plénières regroupant de nombreux représentants des antennes locales du réseau. Enfin, les rapports de l'IGBP de 1990 et 1994 sont de prime importance puisqu'ils exposent respectivement les projets fondamentaux de l'IGBP (*Core projects*) et la planification des activités pour les années 1990.

13.2 Domaine de l'action humaine

Mobilisée dans les années 1970 pour décrire les effets de la mondialisation avant tout économique, la notion de *global change* est employée dans la décennie suivante dans le milieu des savoirs de la Terre, et plus largement dans le discours environnemental, pour désigner tout autre chose, à savoir les changements de l'environnement à l'échelle global⁷⁹⁵. Comme nous le verrons, d'une certaine manière, l'inquiétude liée à la brutalité de ces changements des conditions de vie terrestres est alors formulée en tant qu'objet d'étude scientifique explicite.

Au milieu des années 1980, la conception de l'IGBP est justifiée par un impératif incontournable. A ce moment, dans les textes du NRC, il est demandé un effort « sans véritable précédent » : « le besoin d'action est si grand » et « les enjeux sont si urgents et évidents » que le programme « doit être lancé maintenant ». L'importance de l'action humaine est clairement caractérisée :

Nous vivons sur une planète unique [...] capable de soutenir et de protéger la vie. De plus, l'atmosphère, l'hydrosphère et la surface de la Terre ne relèvent pas seulement des processus inorganiques mais sont également le résultat d'un synergisme entre les composantes vivantes et non vivantes, le premier dominant souvent. Ce qui doit nous frapper est la délicatesse (*delicacy*) de l'équilibre ainsi obtenu. Ce qui doit nous alerter sont les changements omniprésents (*pervasive*) que nous avons provoqué – dans l'air, l'eau et les sols – en à peine un fragment du temps géologique⁷⁹⁶.

Bien entendu, comme les rapports ne cessent de le rappeler, l'action humaine n'est pas la cause de tous les changements, mais s'ajoute à ceux qui lui préexistent en induisant ses propres changements globaux. Ils sont « plus récents et immédiats en ce qui concerne leurs conséquences » : la « production d'énergie », l'« agriculture intensive », et la « technologie » ont « altéré l'albédo de la Terre, la composition du sol et des eaux, la chimie de l'air, les surfaces

⁷⁹⁵ M. F. PRICE, « Global Change: Defining the Ill-Defined », *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, vol. 31, n° 8, 1^{er} octobre 1989, p. 18-44

⁷⁹⁶ U.S. COMMITTEE FOR AN INTERNATIONAL GEOSPHERE-BIOSPHERE PROGRAM, *Global change in the geosphere-biosphere*, *op. cit.*, p. 1

forestières, l'équilibre de l'écosystème global, et la diversité des espèces animales et végétales ». Tant et si bien que comprendre cette « planète banale » pourrait « bien être essentielle à notre survie »⁷⁹⁷. Comme nous l'avons vu, les composantes du discours états-unien sur l'urgence de l'action et la fragilité de la planète tend à s'effacer dans le contexte états-unien d'un programme de « sciences de système Terre » ou de programme spatial orienté vers la Terre.

Du point de vue de l'ICSU, la situation est d'abord comparable, mais durant les années qui suivent le discours se maintient à un même niveau d'alerte. Le groupe de planification *ad hoc* déclare ainsi que les questions scientifiques abordées sont « urgentes » à cause de « la nécessité de répondre au besoin et aux aspirations d'une large partie de la population qui vivra sur Terre au cours du prochain siècle. » En outre, deux des quatre motifs principaux justifiant la création de l'IGBP entrent en rapport avec la question de la relation de l'humanité à la Terre. D'une part « le fait que l'influence humaine sur la Terre relève désormais approximativement de l'échelle des processus naturels en interaction qui contrôlent le système de support de vie global (*global support system*) », et d'autre part « une reconnaissance des limites de l'habitabilité de la Terre » c'est-à-dire ayant trait à « la capacité de soutenir la vie, de produire une alimentation adéquate » et de « maintenir la qualité de l'eau et des sols » ainsi que « l'intégrité des cycles chimiques essentiels à la vie »⁷⁹⁸.

Le Comité spécial de l'IGBP affirme encore plus clairement l'ampleur des enjeux. Soulignant la longue histoire des modifications environnementales d'origine humaine, celui-ci constate que « cependant, ce n'est que depuis la Révolution industrielle » que s'est produit un changement d'échelle, l'humanité « commença à modifier l'environnement global. » Bientôt, cette influence ne sera plus contenue. Elle « pourrait devenir si préoccupante qu'elle pourrait même occuper la seconde position », dans l'échelle des menaces, « après la guerre nucléaire globale ». Non seulement elle « a atteint une échelle qui équivaut approximativement, dans bien des cas, aux processus naturels » mais en outre « tous les éléments de preuve montrent que sur des échelles allant de la décennie au siècle, les conséquences de l'action humaine sur la Terre dépasseront l'ampleur des processus naturels. » L'« habitabilité de la planète » est donc menacée, entre autres par le changement climatique et la destruction de l'ozone stratosphérique. La dramatisation, au sens de l'agencement narratif et non pas de l'instrumentalisation de celui-ci, sert ainsi à introduire la réponse à ce problème : celle des « sciences du système Terre »,

⁷⁹⁷ *Ibid.*, p. 2-3

⁷⁹⁸ IGBP AD HOC PLANNING GROUP, *The International Geosphere-Programme: A Study of Global Change Final Report of the Ad Hoc Planning Group*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°1, 1986, p. 2

comme « compréhension de ces phénomènes à l'échelle globale ». A peine existant, le « défi urgent à la communauté de recherche internationale » n'est pas seulement un enjeu de savoir théoriquement intéressant, mais « est devenu une nécessité afin de minimiser les conséquences des changements naturels et d'origine humaine⁷⁹⁹. » Le rôle crucial des SST avait été souligné en 1986 par Kendrew qui affirmait à Berne que son « but est d'étudier les changements progressifs, passés et futurs de l'environnement de l'espèce humaine sur cette Terre ; d'identifier leurs causes, naturelles et d'origine humaine ; et de réaliser des prédictions informées au sujet du futur lointain et par suite au sujet des dangers qui menacent notre bien-être et même notre survie ; et d'enquêter sur les moyens de minimiser ces dangers ». Le programme est donc pour lui « scientifiquement excitant » autant qu'« immensément significatif en ce qu'il participe à tracer le futur de notre espèce⁸⁰⁰. »

Par la suite, le Comité spécial de l'IGBP traduit cette position programmatique. Celui-ci identifie quatre « thèmes sous-jacents » : documenter et prédire le changement global ; observer et comprendre les fonctions de forçage dominantes (*forcing functions*) de la Terre ; mieux décrire les phénomènes transitoires et non-linéaires ainsi que les interactions au sein du « Système Terre Total » ; évaluer « les effets du changement global qui pourrait causer des modifications importantes et de grande échelle affectant la disponibilité de ressources renouvelables et non-renouvelables »⁸⁰¹. Dans ce contexte, l'humanité est présente en tant que « forçage anthropogénique » et en tant qu'acteur de « l'exploitation des ressources de la Terre » – ces éléments devenant alors des objets explicites d'enquête⁸⁰². Mais surtout, le comité n'hésite pas à faire des actions humaines l'indicateur de ce qui va fournir le périmètre d'étude, à la fois temporel mais aussi spatial et fonctionnel : « le programme se concentrera sur les interactions qui sont les plus sensibles aux perturbations des activités humaines et l'objectif ultime du programme est de développer des capacités prédictives en relation aux changements futurs de notre système global de support de vie⁸⁰³. »

⁷⁹⁹ IGBP SPECIAL COMMITTEE, *IGBP: A plan for action, op. cit.*, p. 9-10

⁸⁰⁰ Propos rapportés dans *Ibid.*, p. 3 On pourra consulter d'autres rapports contenant des propos équivalents, notamment IGBP, *The Initial Core Projects*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°12, 1990, p. 3

⁸⁰¹ IGBP SPECIAL COMMITTEE, *A Report from the First Meeting of the Special Committee*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°2, 1987, p. 3-4. Ces quatre aspects sont plus amplement détaillés dans IGBP SPECIAL COMMITTEE, *IGBP: A plan for action, op. cit.*, p. 13-15

⁸⁰² IGBP SPECIAL COMMITTEE, *A Report from the Second Meeting of the Special Committee*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°3, 1988, p. 3-4

⁸⁰³ *Ibid.*, p. 1

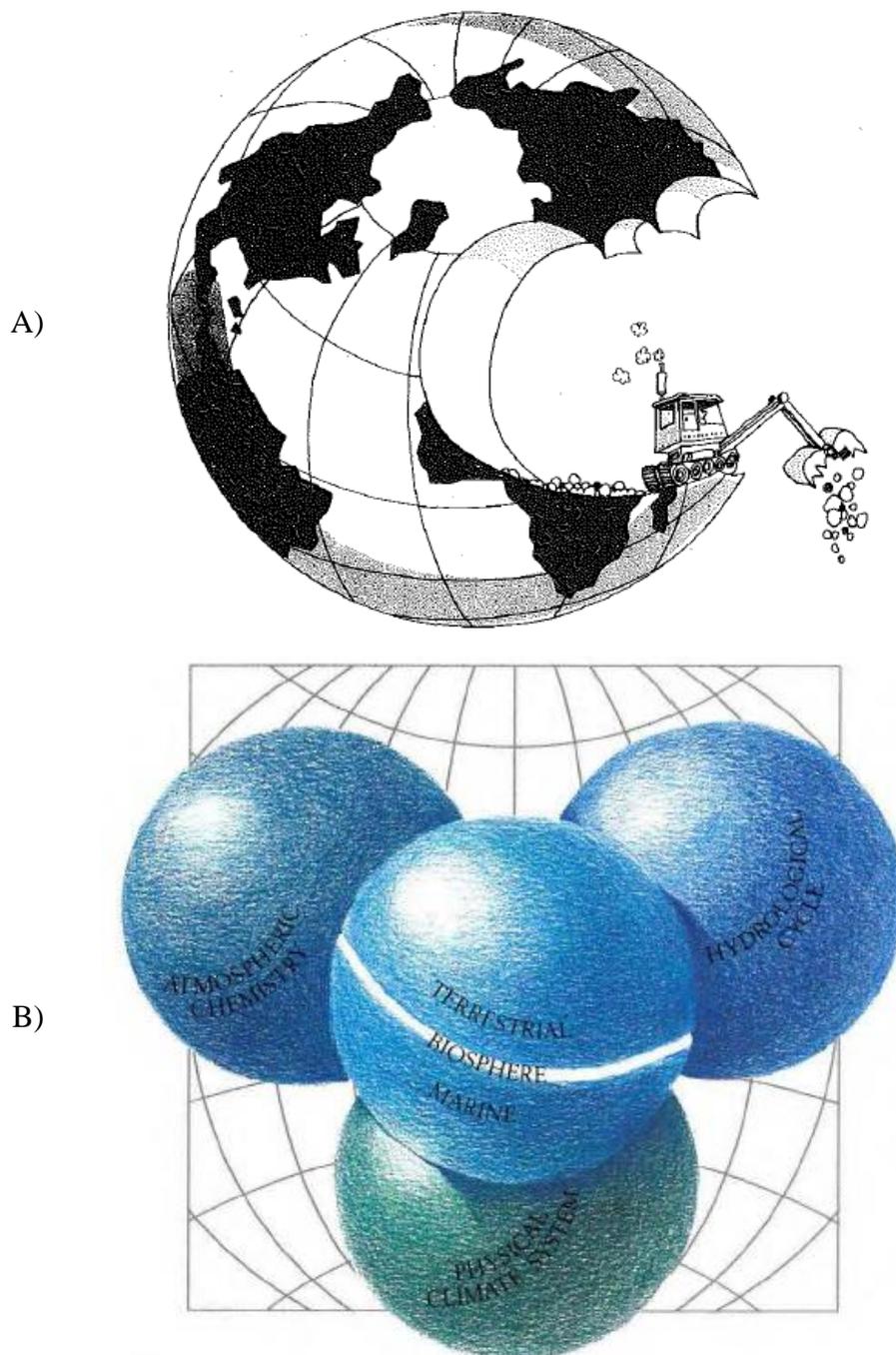


Figure 30 – Iconographie du rapport de 1988, *A plan for action*. La figure A évoque l'importance de l'action humaine, notamment industrielle, pour le programme tandis que la figure B (couverture), que l'on trouve au frontispice de la plupart des rapports des années 1980 et du début des années 1990, représentent les différentes sphères fonctionnelles du « système Terre »⁸⁰⁴.

Cette position est confirmée par l'IGBP au début des années 1990 : « L'IGBP est concerné par les principales interactions [...] qui sont le moteur des changements au sein du

⁸⁰⁴ IGBP SPECIAL COMMITTEE, *IGBP: A plan for action*, op. cit., p. v

système Terre et qui sont le plus touchés par la perturbation humaine. » Dans cette mesure, la vocation prédictive de l'approche du « système Terre » répond à cet impératif et « insiste sur une échelle de temps allant de la décennie à quelques siècles⁸⁰⁵. » Le rapport programmatique de 1994, *IGBP in Action : Work Plan 1994-1998*, confirme cette idée : afin de garantir la « cohérence », l'essentiel de l'effort sera consacré aux « processus qui affectent le changement global entre les échelles de la décennie et du siècle, qui sont le plus susceptibles d'être affectés par les perturbations humaines et qui déboucheront le plus probablement, sur le plan pratique, à une capacité prédictive⁸⁰⁶. »

Enfin, comme dans la plupart des programmes internationaux, les rapports programmatiques définissent l'objectif principal en une phrase qui en reprend les enjeux. Si la formulation de ces objectifs varie au cours de ces rapports, la place de l'action humaine se conserve indéniablement, tout en étant articulée à une vision de la Terre comme « système Terre » :

To describe and understand the interactive physical, chemical, and biological processes that regulate the total Earth system, the unique environment that it provides for life, the changes that are occurring in this system, and the manner in which they are influenced by human actions⁸⁰⁷

To describe and understand the interactive physical, chemical, and biological processes that regulate the Earth's unique environment for life, the changes that are occurring in this system, and the manner in which they are influenced by human actions⁸⁰⁸

To describe and understand the interactive physical, chemical, and biological processes that regulate the total Earth system, the unique environment that it provides for life, the changes that are occurring in this system, and the manner in which they are influenced by human actions⁸⁰⁹

To describe and understand the interactive physical, chemical, and biological processes that regulate the total Earth system, the unique environment that it provides for life, the changes that are occurring in this system, and the manner in which they are influenced by human activities⁸¹⁰

Tableau 16 – Définitions de l'objectif principal de l'IGBP à travers les rapports du

⁸⁰⁵ IGBP, *The Initial Core Projects*, op. cit., p. 5

⁸⁰⁶ IGBP, *IGBP in Action: Work Plan 1994 - 1998*, op. cit., p. 9

⁸⁰⁷ IGBP AD HOC PLANNING GROUP, *The International Geosphere-Programme: A Study of Global Change Final Report of the Ad Hoc Planning Group*, op. cit., p. 3

⁸⁰⁸ U.S. COMMITTEE FOR AN INTERNATIONAL GEOSPHERE-BIOSPHERE PROGRAM, *Global change in the geosphere-biosphere*, op. cit., p. 3

⁸⁰⁹ IGBP SPECIAL COMMITTEE, *A Report from the First Meeting of the Special Committee*, op. cit., p. 2

⁸¹⁰ IGBP, *The Initial Core Projects*, op. cit., p. 5

13.3 « Système Terre » comme carte programmatique de l'IGBP

Sur quel mode d'organisation débouche le travail collectif des différents acteurs impliqués dans la création de l'IGBP ? Jusqu'ici, il s'est agi de mettre en évidence la position des activités humaines dans l'ensemble discursif de l'IGBP. Toutefois, ainsi que le montrent très tôt les textes de l'IGBP, la notion de « système Terre » occupe aussi une position centrale. Tout comme dans le cadre du programme Mission to Earth, les documents de l'IGBP mettent en avant les développements et les apports des savoirs de la Terre, ces derniers accédant à un certain niveau de maturité au cours des années 1960 et 1970. Il s'agit désormais de s'attaquer aux interactions entre les « différentes composantes du système Terre », des « changements naturels en arrière-plan » et des « processus et autres boucles de rétroaction » impliqués, étant entendu qu'une telle connaissance est un prérequis à la lecture « de l'influence des activités humaines – ou à la prévision de leurs effets ». Et les grands problèmes environnementaux seront d'autant mieux saisis qu'ils ont ceci de commun qu'ils « impliquent des processus interactifs qui transcendent les limites d'une discipline en particulier »⁸¹¹. Cette invitation à penser comme un système ne reste pas lettre morte dans la mesure où les traits structurants du programme sont articulés à cette vision de la Terre comme système de composantes en interaction.

La notion de « système Terre » est ici inspirée des travaux du groupe de Bretherton précédemment décrits. Eux-mêmes sont influencés par le symposium organisé par la vingtième Assemblée générale de l'ICSU en 1983 à Berne. Herbert Friedman y définit la « géosphère-biosphère » (terme inclut dans l'acronyme IGBP) comme la réunion de deux systèmes « la biosphère est le système vivant et de support de vie intégré comprenant l'enveloppe périphérique de la planète Terre avec son atmosphère environnante aussi profondément et aussi élevée que se trouve la vie à l'état naturel. La géosphère est la totalité des régimes géophysiques comprenant la lithosphère, l'hydrosphère, la troposphère, la stratosphère, la mésosphère, la thermosphère, l'exosphère, l'ionosphère, la magnétosphère et l'ensemble soleil-terre⁸¹². » Au

⁸¹¹ IGBP AD HOC PLANNING GROUP, *The International Geosphere-Programme: A Study of Global Change Final Report of the Ad Hoc Planning Group*, *op. cit.*, p. 1

⁸¹² H. FRIEDMAN, « The Science of Global Change – An Overview », dans T. F. Malone et J. G. Roederer (éd.), *Global Change: The Proceedings of a Symposium Sponsored by the International Council of Scientific Unions (ICSU), Held During Its 20th General Assembly in Ottawa, Canada, on September 25, 1984*, Cambridge ; New York, ICSU Press, coll. « ICSU Press symposium series », n° 5, 1985, p. 20-52, cité d'après T. F. MALONE, « Mission to Planet Earth », *op. cit.*, p. 42

même moment l'IIASA promeut une conception équivalente de la Terre comme système. Dans la continuité des travaux de SCOPE et à l'instar de l'IGBP, les changements globaux de l'époque (pluies acides, gaz à effet de serre, destruction de l'ozone atmosphérique) sont conçus à travers le prisme d'une telle vision de la Terre, impliquant des processus biogéochimiques interdépendants et des conséquences possiblement non anticipées⁸¹³.

Se dégageant de la compartimentation traditionnelle de la Terre en grandes sphères, les thèmes sous-jacents aux programmes sont en réalité transversaux à l'étude de l'objet principal et explicite de l'IGBP : « les processus biologiques, chimiques et physiques fondamentaux et leurs interactions qui régulent le système Terre autant que les liens entre les différentes composantes de ce système ». Précisément, les composantes de la recherche sont conçues et sélectionnées selon ce modèle systémique⁸¹⁴. Au niveau programmatique, ce dernier se divise en quatre grands domaines : système climatique ; cycle de l'eau, biosphère ; chimie atmosphérique. Et ce sont les interactions entre ces domaines qui vont caractériser les quatre composantes de l'IGBP : interactions biochimiques des sols avec l'atmosphère (1) ; interaction entre vie marine et atmosphère (2) ; caractères biologiques du cycle de l'eau (3) ; effets du changement climatique sur les écosystèmes terrestres (4) (Figure 31).

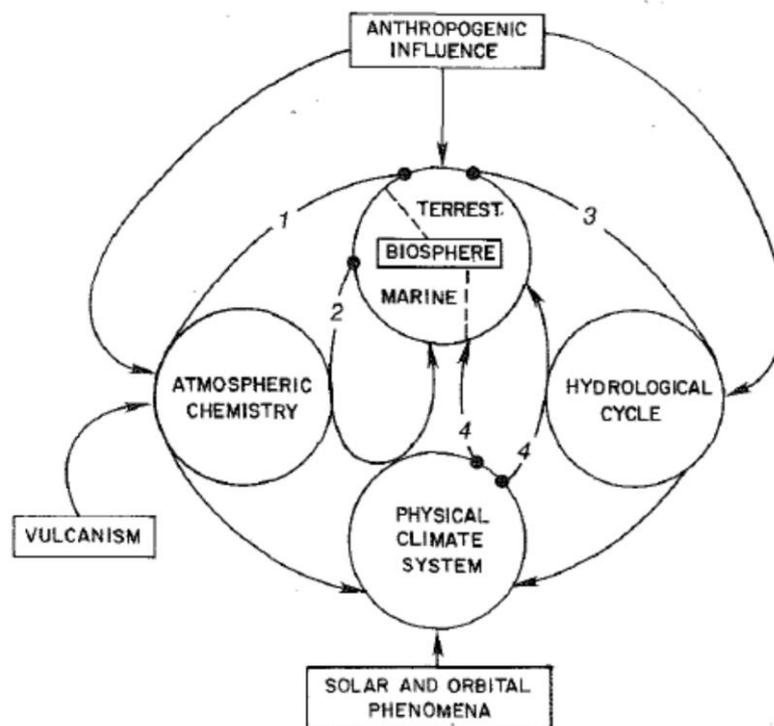


Figure 31 – Principales composantes du système Terre et des interactions qui y ont lieu. Les interactions numérotées sont l'objet de composantes du programme

⁸¹³ W. C. CLARK et R. E. MUNN, *Sustainable Development of the Biosphere*, op. cit.

⁸¹⁴ IGBP SPECIAL COMMITTEE, *IGBP: A plan for action*, op. cit., p. 19

Au premier abord, ces composantes ne semblent pas prendre en charge les activités humaines dans la mesure où aucune d'entre elles n'y est spécifiquement dédiée et qu'elles sont reléguées au statut de forçage externe. Néanmoins, après examen, il s'avère que la question de la description des activités humaines du point de vue social est mise de côté, pour être ensuite lentement intégrée durant la seconde moitié des années 1990 à travers un effort de collaboration avec les sciences humaines et sociales. Il s'agira alors de fournir une nouvelle carte conceptuelle de l'action humaine pour l'IGBP et d'en finir avec le statut de la simple boîte d'entrée-sortie représentée dans les diagrammes des années 1980. Outre cet aspect important, il convient également de noter que la description de chaque composante du programme comporte la désignation explicite de la question des conséquences des activités humaines en tant qu'aspect incontournable des différentes interactions étudiées⁸¹⁶.

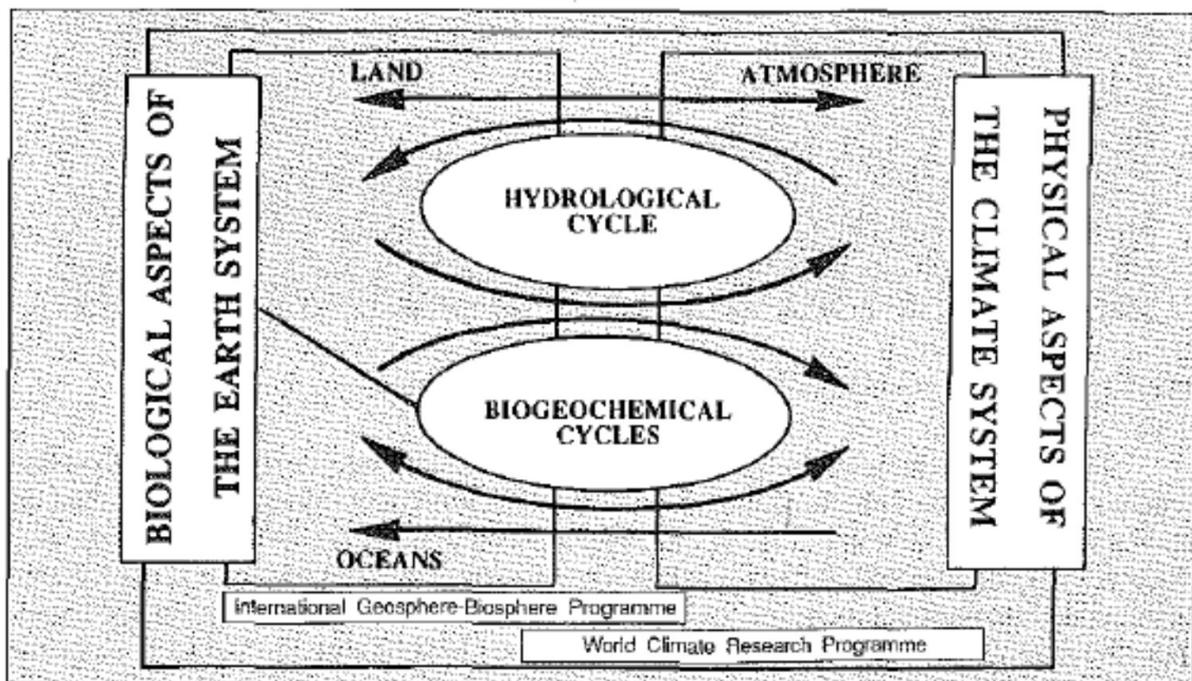


Figure 32 – Relations entre les différents processus « essentiels à la compréhension du changement global ». Les flèches renvoient aux questions de recherche prioritaires par l'IGBP en 1990⁸¹⁷. En 1994, le système Terre est caractérisé comme suit : « deux sous-systèmes en interactions, le Sous-système Physique-climatique et le Sous-système Biogéochimique, liés par le cycle hydrologique global et par des variables de sous-système tels que la concentration des gaz à effets de serre, la

⁸¹⁵ *Ibid.*, p. 14

⁸¹⁶ Pour une présentation détaillée des composantes du programme voir le chapitre 5 de *Ibid.*, p. 29-67

⁸¹⁷ IGBP, *The Initial Core Projects*, op. cit., p. 4

*rugosité de surface et l'albedo*⁸¹⁸ ».

Durant la première moitié des années 1990, cette partition est remaniée à plusieurs reprises pour finalement aboutir à une forme stabilisée s'articulant à six questions de recherches fondamentales (Tableau 17), elles-mêmes correspondant à une interaction entre les composantes du « système Terre » (Figure 32).

<i>1 - How is the chemistry of the global atmosphere regulated and what is the role of biological processes in producing and consuming trace gases ?</i>	
IGAC	International Global Atmospheric Chemistry
<hr/>	
<i>2 - How do ocean biogeochemical processes influence and respond to climate change?</i>	
JGOFS	Joint Global Ocean Flux Study
<hr/>	
<i>3 - How changes in land use affect the resources of the coastal zone, and how changes in sea level and climate alter coastal ecosystems?</i>	
LOICZ	Land–Ocean Interactions In the Coastal Zone
<hr/>	
<i>4 - How does vegetation interact with physical processes of the hydrological cycle?</i>	
BAHC	Biosphere Aspects of the Hydrological Cycle
<hr/>	
<i>5 - How will global changes affect terrestrial ecosystems?</i>	
GCTE	Global Change and Terrestrial Ecosystems
<hr/>	
<i>6 - What significant climatic and environmental changes have occurred in the past, and what were their causes?</i>	
PAGES	Past Global Changes

*Tableau 17 – Six questions de recherche déterminées par l'IGBP en 1994 et des sous-programmes correspondants envisagés à ce moment*⁸¹⁹.

Ces relations doivent être éclairées afin de « prédire de futurs changements », étant entendu que « l'examen de la manière dont les forces naturelles et humaines contribuent au changement global est inclus » dans chaque programme principal ainsi réparti (*Core projects*)⁸²⁰. En sus de ces projets, sont également définies trois « activités englobantes et intégrantes ». Tout d'abord un groupe de travail sur la modélisation (Global Analysis, Interpretation and Modelling (GAIM)) dont l'objet, central à plusieurs titres, consiste à concevoir un modèle du « système Terre », qui lierait en particulier les cycles biogéochimiques

⁸¹⁸ IGBP, *IGBP in Action: Work Plan 1994 - 1998*, op. cit., p. 97

⁸¹⁹ *Ibid.*, p. 10. Voir aussi les thèmes de recherche déjà présents en 1990 dans IGBP, *The Initial Core Projects*, op. cit., p. 6-10

⁸²⁰ IGBP, *The Initial Core Projects*, op. cit., p. 5

et climatiques⁸²¹. Le second projet transversal concerne l'obtention des données et leur gestion, tout autant que la médiation avec les organisations productrices de telles données (IGBP Data and Information System (IGBP-DIS)). Enfin, reste le projet destiné à « établir des réseaux de recherche et d'analyse à l'échelle régionales » (Global Change System for Analysis, Research and Training (START))⁸²².

Ainsi la notion de « système Terre » offre-t-elle une carte conceptuelle et programmatique au sein de l'IGBP, mais aussi le cadre général au sein duquel il est possible de penser l'interdisciplinarité tout en traçant les grands traits d'une recherche collective. A ce niveau, le « système Terre » joue comme unificateur de l'environnement global en liant discursivement les différents pans hétérogènes engagés dans le programme.

13.4 Intégration concrète

L'IGBP fait montre d'une moindre ambition instrumentale que celle de Mission to Earth. Si les technologies spatiales sont une « condition nécessaire à l'IGBP », il est admis dès le milieu des années 1980 que l'IGBP ne peut être fondé uniquement ni principalement sur ces dernières. Alors que dans Mission to Earth, les mesures *in situ* étaient surtout vouées à la calibration des satellites, ici « une partie plus importante sera dédiée aux études locales des biomes et des zones climatiques dans des espaces maritimes ou terrestres, afin de comprendre l'interdépendance des changements aux échelles régionales et globales⁸²³. » Il s'agit là d'une prétention à développer des stations d'observation destinées à prendre « des mesures physiques, chimiques et biologiques [...] dans des biomes sélectionnés de manière représentative » afin de nourrir les modèles de données écologiques agrégées et simplifiées⁸²⁴. Le modèle des observatoires, défendu jusqu'au début des années 1990, est rapidement abandonné au profit d'une distribution réticulaire des observations : chaque projet développant ses propres ensembles de données et son instrumentation, pour son propre compte et souvent

⁸²¹ Il faut relever que chaque projet de l'IGBP inclut une dimension de modélisation comme outil épistémique. L'objet de GAIM est plus général, il s'agit de modéliser le « système Terre » en entier.

⁸²² IGBP, *IGBP in Action: Work Plan 1994 - 1998*, *op. cit.*, p. 11. Il convient d'observer que les projets de l'IGBP incluent de nombreuses interactions avec d'autres organisations de savoir, telles le WCRP, SCOR, SCOPE ICACGP, etc. *ibid.*

⁸²³ IGBP AD HOC PLANNING GROUP, *The International Geosphere-Programme: A Study of Global Change Final Report of the Ad Hoc Planning Group*, *op. cit.*, p. 3. 929. Kwa remarque qu'autour de l'IGBP est exprimé une préférence pour des satellites de plus petite taille, plus faciles et rapides à lancer, que ceux défendus par la NASA.C. KWA, « Local Ecologies and Global Science: Discourses and Strategies of the International Geosphere-Biosphere Programme », *Social Studies of Science*, vol. 35, n° 6, décembre 2005, p. 929

⁸²⁴ IGBP AD HOC PLANNING GROUP, *The International Geosphere-Programme: A Study of Global Change Final Report of the Ad Hoc Planning Group*, *op. cit.*, p. 7

indépendamment des autres.

Un aspect distingue encore davantage l'IGBP de Mission to Earth : il s'agit du rapport à l'excavation du passé de la Terre. Celui-ci est en effet très présent à travers le projet PAGES (Past Global Changes), l'un des plus importants de l'IGBP du point de vue de son succès scientifique et dans l'espace public. En effet, dans les années 2000, et plus encore dans les années 2010 le consortium PAGES2k va permettre d'établir de très importantes séries de données paléoclimatiques⁸²⁵. PAGES est à la fois singulier et transversal, dans la mesure où il informe les autres programmes et particulièrement les composantes modélisatrices de ces programmes tout en se concentrant sur le passé plus ou moins lointain de la Terre. En effet, PAGES a de prime abord pour tâche de « fournir une perspective quantitative sur l'environnement passé de la Terre » et de définir ainsi « l'enveloppe de la variabilité environnementale naturelle au sein de laquelle on peut évaluer l'influence anthropogénique » sur la Terre. Mais une telle connaissance est renvoyée comme indispensable matériaux d'évaluation et de test pour les modèles dans la mesure où, en prenant pour référence les données paléoenvironnementales, il sera possible de leur demander de rendre compte d'événements passés du « système Terre », et en particulier du climat⁸²⁶. Enfin, si PAGES est largement tourné vers le fonctionnement du climat, sa conception vise une plus vaste collection de données, incluant des informations sur la couverture végétale, les éruptions volcaniques, l'activité solaire ou encore les cycles de l'azote et du soufre⁸²⁷.

Ainsi, pas d'imagerie centrale du globe, pas d'instrumentation symétrique à la catégorie de « système Terre » mais plutôt des procédures de mise en circulation des données d'une part et d'autre part leur normalisation en vue de la production d'un modèle général de « système Terre »⁸²⁸. Et c'est précisément sur la question de la production et de la standardisation de données que l'IGBP articule la question de l'interdisciplinarité. Kwa en montre les conséquences épistémiques pour l'écologie. Champ d'abord minoritaire par rapport à la climatologie et la physique du globe, l'écologie est intégrée au programme comme une composante essentielle, puisqu'il lui revient de décrire l'implication de la vie au sein des processus biogéochimiques. Le problème qui se pose est alors que la montée en échelle « de la forêt au continent suppose un processus d'abstraction, qui pourrait bien mener à la perte du

⁸²⁵ K. D. ALVERSON, R. S. BRADLEY et T. F. PEDERSEN (éd.), *Paleoclimate, global change, and the future*, Berlin & New York, Springer, coll. « Global change - the IGBP series », 2003 ; IGBP, *Past Global Changes. Science Plan Implementation Strategy*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°57, 2009

⁸²⁶ IGBP, *IGBP in Action: Work Plan 1994 - 1998*, op. cit., p. 84

⁸²⁷ IGBP, *Global Changes of the Past*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°6, 1989

⁸²⁸ IGBP, *IGBP in Action: Work Plan 1994 - 1998*, op. cit., p. 105-111

contenu même de l'écologie », mais cela n'en est pas moins nécessaire « afin d'obtenir les données voulues par les diverses sciences impliquées dans la recherche sur le changement global »⁸²⁹. Ainsi l'IGBP favorise-t-il le modèle dit « *big leaf* » et le *vegetation index* développé au début des années 1980 par Tucker, se fondant sur une extrapolation physiologique très locale à une échelle compatible avec les données infrarouges fournies par les satellites afin d'obtenir une distribution globale. Ce qui semble alors importer, c'est la volonté d'utiliser des modèles globaux qui décrivent les ensembles écologiques de manière très schématique : végétation, sols, atmosphère avec les échanges entre compartiments. Guère de place pour la variété des espèces dans une approche homogénéisante et macroscopique des paysages⁸³⁰.

Le trait que l'on voit poindre ici peut être envisagé comme conséquence d'un mode d'organisation des sciences internationales à partir des années 1980. A la différence du caractère vertical et total des programmes des décennies précédentes, les programmes internationaux relèvent d'un mode d'organisation beaucoup plus distribué. En comparant les modes d'organisation et d'implémentation de l'IBP et de l'IGBP, Kwa repère toute une série de différences entre les pratiques de recherche qui y sont effectuées. Du côté de l'IBP, on retrouve en effet une thématisation monodisciplinaire ; une organisation reposant sur un nombre restreint d'acteurs ; peu de littérature produite ; une focale sur le développement de nouveaux moyens – la fin étant donnée par un grand récit disciplinaire ; et la prévalence d'une volonté modélisatrice ; un pilotage de la recherche par les Etats ; une forte orientation vers les enjeux théoriques. Par contraste, l'IGBP repose sur une interdisciplinarité ; une organisation distribuée où nombre d'acteurs sont impliqués dans le pilotage de chaque sous-composantes, qui elles-mêmes sont davantage indépendantes les unes par rapport aux autres ; une production littéraire importante ; une focale sur les fins, les moyens étant repérés parmi l'existant ; la prévalence des techniques opératoires sur la complétude modélisatrice ; un pilotage par des comités transnationaux ; la centralité des instruments⁸³¹. Par conséquent, il s'agit moins de *big science*, mais plutôt de « méga-science distribuée », effectuée au sein d'une flopée d'équipes scientifiques de *little science* et dont la cohérence est avant reconduite sur le papier⁸³². Pour Kwa, une des conséquences pour l'IGBP, et plus généralement le style de sciences auquel il participe⁸³³, passe notamment par le retrait des modèles entendu comme *lingua franca* des

⁸²⁹ C. KWA, « Local Ecologies and Global Science », *op. cit.*, p. 932

⁸³⁰ *Ibid.*, p. 937-938

⁸³¹ C. KWA, « Interdisciplinarity and Postmodernity in the Environmental Sciences », *History and Technology*, vol. 21, n° 4, 1^{er} décembre 2005, p. 331-344

⁸³² C. KWA, « The Programming of Interdisciplinary Research Through Informal Science-Policy Interactions », *Science and Public Policy*, vol. 33, n° 6, 2006, p. 457-467

⁸³³ Avec d'autres programmes comme le Human brain project, A. BEAULIEU, « Voxels in the Brain:

sciences, c'est-à-dire comme lieu des traductions et transactions interdisciplinaires mais aussi des élaborations théoriques, au profit d'une immense appétence pour le déploiement des techniques et pour les données, appétence qui construirait la cohérence des programmes internationaux, notamment dans un contexte de raréfaction de la manne étatique⁸³⁴.

13.5 Le rôle des modèles dans l'IGBP

Ainsi selon Kwa, le diagramme du « système Terre » « n'avait aucune prétention théorique » mais il était « suffisamment spécifique pour assigner aux sciences participantes une place au sein du programme. » L'IGBP, « dominé depuis le début par une technologie : la télédétection », aurait ainsi laissé au second plan la question de la modélisation⁸³⁵. Pour autant, dès le rapport du groupe de planification *ad hoc* en 1986, les promoteurs de l'IGBP affirment : « La modélisation numérique et les techniques spécialisées impliquées dans le développement des modèles sont des points communs importants de tous les champs qui étudient la Terre et la vie à sa surface. Ils procurent un lexique commun, si ce n'est un langage unique pour toutes les sciences⁸³⁶. » Ainsi apparaît la possibilité que le « système Terre » soit aussi au centre de l'ambition modélisatrice du programme. En effet, ce dernier est envisagé comme une « description globalement cohérente et compatible de l'intérieur » de manière à rendre compte non seulement des processus généraux, mais aussi en sorte de pouvoir développer une « capacité prédictive »⁸³⁷. Il s'agit ici d'une véritable prétention à « l'unification » du système à travers l'exercice de la modélisation⁸³⁸. En ce sens, chaque composante du programme, y compris PAGES qui fournira des données relatives au passé de ces dernières, est destinée à informer le modèle général, les modèles relevant donc d'une « activité centrale à l'intérieur d'un programme de science du système Terre compréhensif tel que l'IGBP »⁸³⁹.

Deux enjeux majeurs sont alors annoncés. D'abord la question de la mise en compatibilité des échelles à partir du problème qui consiste à « exprimer le rôle des processus

Neuroscience, Informatics and Changing Notions of Objectivity », *Social Studies of Science*, vol. 31, n° 5, 2001, p. 635-680

⁸³⁴ C. KWA, « Interdisciplinarity and Postmodernity in the Environmental Sciences », *op. cit.*, p. 337 et 341 ; C. KWA, « The Programming of Interdisciplinary Research Through Informal Science-Policy Interactions », *op. cit.*, p. 458

⁸³⁵ C. KWA, « Interdisciplinarity and Postmodernity in the Environmental Sciences », *op. cit.*, p. 335

⁸³⁶ IGBP AD HOC PLANNING GROUP, *The International Geosphere-Programme: A Study of Global Change Final Report of the Ad Hoc Planning Group*, *op. cit.*, p. 9

⁸³⁷ IGBP, *The Initial Core Projects*, *op. cit.*, p. 3 chap 8

⁸³⁸ *Ibid.*, p. 5 chap 5

⁸³⁹ *Ibid.*, p. 3 chap 8 Cette unification est alors illustrée à partir du diagramme de Bretherton, introduit dans le rapport de la NASA susmentionné (Figure 29)

à petite échelle de façon simplifiée ». Il s'agit ainsi de coordonner les programmes de telle sorte à produire des données compatibles avec ce modèle, comme dans le cas précédemment évoqué par Kwa⁸⁴⁰. D'autre part, prendre en charge le caractère « non-linéaire » du « système Terre », dans la mesure où cela peut constituer un obstacle majeur à la prédictibilité. « Il est important d'établir le critère qui détermine si des changements majeurs, c'est-à-dire d'un état quasi-stationnaire à un autre, vont survenir ou pas »⁸⁴¹. Si ce dépassement des modèles simples, « modèles en boîtes », vers des « modèles avancés de géosphère-biosphère » s'avère épineux, celui-ci reste néanmoins nécessaire et « deviendra faisable sur les supercalculateurs disponibles au début du XXI^e siècle ». « De tels modèles simuleront de façon détaillée les événements ayant lieu dans le [système Terre] avec une résolution spatiale et temporelle suffisante et permettront un traitement explicite des interactions fortement non-linéaires [...] aux petites échelles »⁸⁴². Cependant, il convient de remarquer que durant les premiers mois de l'IGBP, la centralité de la modélisation globale pose question. Deux approches sont envisagées par le groupe en charge de définir les priorités de la modélisation au sein de l'IGBP : l'une consistait à travailler en parallèle avec la conception des grands modèles du climat, de leur offrir un support ; et l'autre envisageait de concevoir un modèle total comprenant toutes les composantes, y compris l'atmosphère et le climat. La seconde est clairement identifiée par un groupe de travail présidé par Bretherton comme étant la « seule option productive sur le long terme »⁸⁴³. »

Au milieu des années 1990, les réalisations concrètes de GAIM sont relativement maigres, en partie à cause de la primauté des groupes afférents aux composantes du « système Terre » sur la conduite des activités de l'IGBP, et de leurs inégales avancées⁸⁴⁴. De plus, certains conflits émergent quant au rôle que GAIM est censé adopter par rapport aux autres projets de modélisation globale effectués au sein du WCRP mais aussi dans le cadre du GIEC, qui vient d'être lancé. Ce dernier inclut son propre groupe de modélisation de la géosphère-biosphère, dont GAIM tire par la suite partie. Il existe également des tensions au sujet de la fonction de GAIM au sein de l'IGBP si bien que, dans un premier temps, ses activités consistent à « faciliter les discussions et la coordination entre les environnements de recherche qui conduisent le développement de la modélisation dans les différents projets principaux de

⁸⁴⁰ *Ibid.*, p. 5 chap 8. D'autres exemples sont donnés : les phénomènes de convection nuageuses jouant dans le transfert vertical d'énergie, d'eau et vitesse ; les mouvements océaniques de faible échelle ; les transferts radiatifs au sein de l'atmosphère.

⁸⁴¹ *Ibid.*, p. 7 chap 8

⁸⁴² *Ibid.*, p. 10-11 chap 8

⁸⁴³ IGBP, *A Report from the First Meeting of the Scientific Advisory Council for the IGBP 1*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°7, 1989, p. 117

⁸⁴⁴ IGBP, *IGBP in Action: Work Plan 1994 - 1998*, *op. cit.*, p. 97-98

l'IGBP.⁸⁴⁵ » Enfin, entre 1993 et 1997, les efforts se concentrent sur le développement de sous-modèles correspondant aux composantes du programmes et réalisés, et étudiés, en lien avec celles-ci⁸⁴⁶. Ainsi faut-il attendre la fin des années 1990 pour voir émerger une nouvelle dynamique au sein de ce groupe. Le spécialiste de la modélisation des systèmes complexes Hans Joachim Schellnhuber joue un rôle très important dans cette réorientation. Directeur du Potsdam Institut für Klimafolgenforschung (PIK) et figurant parmi les auteurs principaux du troisième rapport du GIEC, ce dernier succède à Berrien Moore à la tête du groupe de modélisation à la fin des années 1990⁸⁴⁷.

La promotion dans l'IGBP de la centralité de la modélisation est pour Schellnhuber un moyen de défendre un « formalisme unifié » grâce aux théories des systèmes complexes⁸⁴⁸. Celles-ci joueront un rôle important dans la rhétorique anthropocénique dans la mesure où la Terre s'y verra attribuée un comportement de système complexe, avec ses seuils, ses points de rupture, ses espaces hilbertiens et ses non-linéarités⁸⁴⁹. Cette orientation se présente comme un retour à l'ambition originale de l'IGBP et s'effectue durant ce que Uhrqvist identifie comme la deuxième phase des activités modélisatrices de l'IGBP. S'étendant entre 1998 et 2003, elle est marquée par un « un renforcement de la perspective systémique », où les savoirs des systèmes complexes sont mobilisés pour entreprendre une modélisation holistique du « système Terre » tout en promouvant cet objet comme enjeu de savoir principal pour l'IGBP et comme objet de pouvoir pour une politique de la soutenabilité. Il s'agit donc de la mise en œuvre du projet d'unification des composantes du « système Terre » au sein d'un même modèle mais aussi de la promotion de la position centrale de ce dernier dans l'IGBP⁸⁵⁰. Et l'empreinte de Schellnhuber ne saurait être négligée, puis qu'il promeut et obtient l'assentiment collectif de GAIM et des « représentants principaux de l'IGBP » au sujet d'un certain nombre de « principes », dont celui qui voudrait que « GAIM doit devenir la force centrale de l'analyse du système Terre en utilisant pleinement le potentiel résultant de sa conception

⁸⁴⁵ O. UHRQVIST, « One Model to fit all? The Pursuit of Integrated Earth System Models in GAIM and AIMES », *Historical Social Research*, vol. 40, 1^{er} janvier 2015, p. 279

⁸⁴⁶ IGBP, *GAIM 1993 -1997 The First Five Years: Setting the Stage for Synthesis*, Durham, University of New Hampshire, GAIM/IGBP Report Series, n°6, 1997

⁸⁴⁷ GAIM, « John Schellnhuber to Chair GAIM », *Research GAIM*, vol. 3, n° 2, 2000, p. 1

⁸⁴⁸ O. UHRQVIST, « One Model to fit all? », *op. cit.*, p. 281

⁸⁴⁹ On peut par exemple se référer aux propos de B. Moore : « La Terre fonctionne comme un système dont les propriétés et le comportement sont caractéristiques d'un système en tant que tout. Cela comprend des seuils critiques, des points de contrôle ou de bascule, des non-linéarités fortes, des téléconnexions et des incertitudes insolubles. » B. I. MOORE, « Sustaining Earth's Life Support Systems – the Challenge for the Next Decade and Beyond », *Global Change: IGBP Newsletter*, n° 41, mai 2000, p. 1-2

⁸⁵⁰ O. UHRQVIST, « One Model to fit all? », *op. cit.*, p. 280-283

intersectorielle⁸⁵¹. » Nous verrons au chapitre suivant comment Schnellhuber inscrit la modélisation du « système Terre » dans une figure du modélisateur-médecin de la Terre.

Notons pour conclure que ce parti pris pour la modélisation et pour son usage politique ne saurait surprendre. En effet, ce dernier s'inscrit dans la longue histoire de la modélisation environnementale, en particulier celle qui a trait à la météorologie et au climat. Selon Edwards, les modèles relèvent, bien plus que les données par satellite, de ce qu'on pourrait appeler un opérateur de globalisation majeur, c'est-à-dire de mise en globalité des problèmes, des données et des résultats qui président à la fois à leurs réponses et leur formulation. C'est par la modélisation qu'on peut obtenir des données sur l'état de la Terre indexées temporellement et spatialement, uniformisées, interpolées, corrigées, etc. C'est à partir des modèles que l'on peut – ou que l'on choisit de pouvoir – expérimenter les diverses hypothèses, travailler la contre-factualité de l'histoire de l'environnement global, mais aussi évaluer les conséquences futures de toute politique climatique. La question climatique prenant de plus en plus de poids politique et scientifique à partir des années 1980, les « sciences liées [au climat] ont commencé à se regrouper autour des modèles, les employant comme un langage scientifique commun afin de parvenir à l'intégration scientifique. » En retour, le champ politique commence à réfléchir sur la base de ces modèles et donc à en dépendre. Par conséquent, souligne Edwards, la modélisation globale n'est pas une simple représentation, mais construit « l'atmosphère globale » et produit des « visions du monde »⁸⁵². La différence introduite par les modèles de « système Terre » consiste en leur visée totale. L'atmosphère n'est plus le seul domaine représenté, mais c'est l'ensemble des *composantes pertinentes pour rendre compte des conditions de la vie humaine sur Terre* qui font système, y compris l'action humaine, quoique plus tardivement. Cependant, contrairement aux modèles du climat, l'intégration du « système Terre » ne s'est que minoritairement articulée à la production de grands scénarios et de trajectoires du futur : les modèles développés n'ont pas suscité autant d'engouement que les *Global Circulation Models* (GCM).

13.6 Conclusion

En mettant en scène l'action humaine dont les conséquences seraient commensurables

⁸⁵¹ H. J. SCHELLNHUBER, « The Waikiki Principles: Rules for a New GAIM », *Research GAIM*, vol. 3, n° 2, 2000, p. 4

⁸⁵² P. N. EDWARDS, « Representing the Global Atmosphere: Computer Models, Data, and Knowledge about Climate Change », dans C. A. Miller et P. N. Edwards (éd.), *Changing the Atmosphere: Expert Knowledge and Environmental Governance*, Cambridge, Mass., MIT Press, 2001, p. 31-66

aux processus géologiques, en soulignant l'urgence qu'il y aurait à décrire au mieux ce pouvoir qui semble alors nouveau, l'IGBP se fonde sur des thèses proches de celles que véhiculent les acteurs des SST durant les années 2000 avec la notion d'Anthropocène. Le discours d'une institution scientifique internationale se donnant pour objet ces changements à travers le prisme de la catégorie de « système Terre » est d'autant plus édifiant que, précisément, il relève du discours institutionnel et scientifique. Il est en cela déjà normé par le jeu des acteurs pluriels répondant à leurs propres normes mais aussi à des normes exogènes des milieux dans lesquels ils évoluent, y compris le champ des politiques des sciences. Il est bien « scientifique », tout en étant doublement politique : au sens où il formule un problème censé concerner la manière dont s'organisent les sociétés humaines, mais aussi au sens où il concerne la *science policy*, l'organisation des savoirs eux-mêmes. Ce discours institue alors comme objet d'intérêt légitime une agentivité géologique de l'humanité, au sens de la commensurabilité de l'action humaine d'avec les processus globaux, pour une vaste communauté de recherche s'adressant à elle-même et bien entendu aussi aux acteurs des politiques des sciences.

Avec l'IGBP, la notion de « système Terre » devient architectonique. Elle justifie et informe la manière dont une science du globe peut se construire et fonctionner ensemble. Mais il s'agit avant tout d'un globe fragilisé par ses habitants, dont l'activité prend des proportions inédites dans l'histoire, et très préoccupantes. D'autre part, l'IGBP se présente bien comme méga-science distribuée, dans laquelle la modélisation y est programmatiquement incontournable même si elle émerge plutôt lentement dans la pratique. En réalité, le modèle numérique du « système Terre » sert à la fois de mise en cohérence centrale des différentes composantes de ce « système » et de point d'entrée du politique sur le gouvernement du globe. En effet, comme nous allons le voir, le « système Terre » comme objet de savoir et le spécialiste de cet objet constituent des éléments centraux dans un contexte où la réflexivité géologique s'étend à travers les institutions de savoir et dans le domaine politique.

Du diagnostic au management planétaire

*If we agree that it is theoretically possible to produce a noticeable change in the global climate by using a comparatively simple and economical method, it becomes incumbent on us to develop a plan for climate modification that will maintain existing climatic conditions, in spite of the tendency toward a temperature increase due to man's economic activity*⁸⁵³.

— Mikhail I. Budyko, 1977

Si, au cours des années 1970, on pouvait déjà croiser des propos sonnante de terribles alertes provenant du milieu scientifique, le cas de l'IGBP montre à quel point, même dans un discours institutionnellement et scientifiquement normé, l'avènement de l'humanité comme force géologique constitue déjà un énoncé fondamental. Cet énoncé fait lui-même partie d'un réseau énonciatif du discours environnemental d'alors. En effet, l'IGBP n'a pas le monopole du discours sur le « changement global » durant les années 1980 et 1990, car d'autres institutions, d'autres arènes mobilisent et informent ce terme à cette époque. Ce qui implique également que des acteurs participant de la fondation de l'IGBP et des formes institutionnelles des SST agissent et énoncent dans des réseaux plus larges qui produisent des énoncés dans d'autres cadres que ceux des sciences de la Terre à proprement parler. Dans ce cadre, nous allons voir dans un premier temps comment l'environnement global désigne certes une totalité sous la notion de « système Terre », mais aussi un espace de vulnérabilité constitué à partir des

⁸⁵³ M. I. BUDYKO, *Climatic Changes*, Washington, D.C, American Geophysical Union, 1977, p. 244

maux globaux issus des conséquences des activités humaines. C'est peut-être cette figure biface de l'environnement global qui permet d'assoir, comme nous le verrons en un second temps, celle du « géophysiologue », à la fois scientifique et médecin de la Terre qui seul appréhende ses normes naturelles et se trouve à même de poser le bon diagnostic et de fournir les outils afin de soigner le globe malade. Mais, plus généralement, c'est une nouvelle géo-opérativité qui circule : un discours de *management planétaire* qui comprend également le retour de la géoinénierie dans un tout autre contexte.

14.1 Réflexivité géologique entre sciences et politiques

Soulignons tout d'abord que les années 1980 et 1990 sont marquées par de grands symposiums et autres colloques réunissant de très nombreux scientifiques d'horizons épistémiques variés : déjà, l'agentivité géologique de l'humanité requiert la rencontre en sciences humaines et sciences naturelles. L'étude commandée par l'IIASA auprès de Clark aboutit à un rapport en 1986 comprenant des contributeurs et contributrices impliqués dans les SST tels Crutzen ou McElroy, mais aussi Lovelock ou Holling, et enfin de nombreux acteurs du champ des SHS⁸⁵⁴. A une référence près, on pourrait croiser ce constat général dans la littérature anthropocénique contemporaine : « L'humanité a souvent dégradé l'environnement local et régional. Cependant, ce n'est que récemment qu'est envisagée la possibilité que des actions locales puissent provoquer des changements globaux et irréversibles. L'exemple le plus effroyable [*awful*], bien sûr, est le *scénario d'un âge nucléaire*. Mais considérez également l'augmentation mondiale des concentrations atmosphériques de CO₂, de méthane et de chlorofluorocarbonates⁸⁵⁵. » En outre, la discussion entre sciences sociales et sciences naturelles autour des conséquences globales de l'action humaine, qui sera l'un des lieux communs des controverses sur la notion d'Anthropocène, est déjà engagée. En effet, ici, la majorité des textes réunis concernent les questions humaines : histoire et géographie du développement, « réponses sociales », considérations épistémo-politiques. L'ampleur des changements environnementaux est admise par tous les acteurs et dans la lignée des propositions de Holling ; le comportement non linéaire des systèmes, ici principalement sociaux, est souligné⁸⁵⁶.

S'inspirant de la somme de Marsh dont il a été question dans la partie précédente, *Man*

⁸⁵⁴ W. C. CLARK et R. E. MUNN, *Sustainable Development of the Biosphere*, *op. cit.*

⁸⁵⁵ *Ibid.*, p. v

⁸⁵⁶ Voir par exemple W. C. CLARK et R. E. MUNN, *Sustainable Development of the Biosphere*, *op. cit.*

and Nature, et du colloque de 1955 *Man's Role in Changing the Face of the Earth*⁸⁵⁷ (1956), un symposium est planifié entre 1983 et 1986 sur le même thème qui aboutit à un épais volume en 1990. *The Earth as Transformed by Human Action* expose de vastes perspectives à la fois globales et historiques sur les changements environnementaux et leurs « causes humaines ». Les composantes de l'« environnement global » autant que les questions démographiques, politiques, culturelles et technologiques y sont tracées historiquement. On compte par exemple parmi les nombreux acteurs rassemblés, certains habitués tels Crutzen et Clark, acteurs qui seront centraux pour l'élaboration de la notion d'Anthropocène au sein des SST dans les années 2000 et 2010⁸⁵⁸. Soulignons également le caractère hétéroclite de l'assemblée qui comprend par exemple Carolyn Merchant, historienne éco-féministe, aux côtés de l'historien des énergies Vaclav Smil, de l'historien William McNeill⁸⁵⁹, ou encore la climatologue et géographe Jill Jäger, qui devient dans les années 1990 directrice de programme au sein de l'IIASA et dirige entre 1999 et 2002 l'International Human Dimensions Programme on Global Change (IHDP), programme de recherche international qui s'est constitué comme pendant SHS de l'IGBP⁸⁶⁰. *The Earth as Transformed by Human Action* contient également de nombreux *topoi* du discours anthropocénique : l'idée d'interaction, ou d'intrication, entre l'humanité et le globe ; les débats sur le cadrage historique (révolution industrielle, conquête du nouveau monde, importance de la Seconde Guerre mondiale) et plus généralement l'importance de repérer des « causes humaines » aux altérations de la Terre.

⁸⁵⁷ W. J. THOMAS, *Man's Role in Changing the Face of the Earth*, *op. cit.*

⁸⁵⁸ Voir à ce sujet la troisième partie.

⁸⁵⁹ Père de l'historien de l'environnement John McNeill, qui participera à l'élaboration de la notion de « Grande Accélération ».

⁸⁶⁰ B. L. TURNER *et al.* (éd.), *The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere over the Past 300 Years*, Cambridge ; New York, Cambridge University Press ; Clark University, 1990

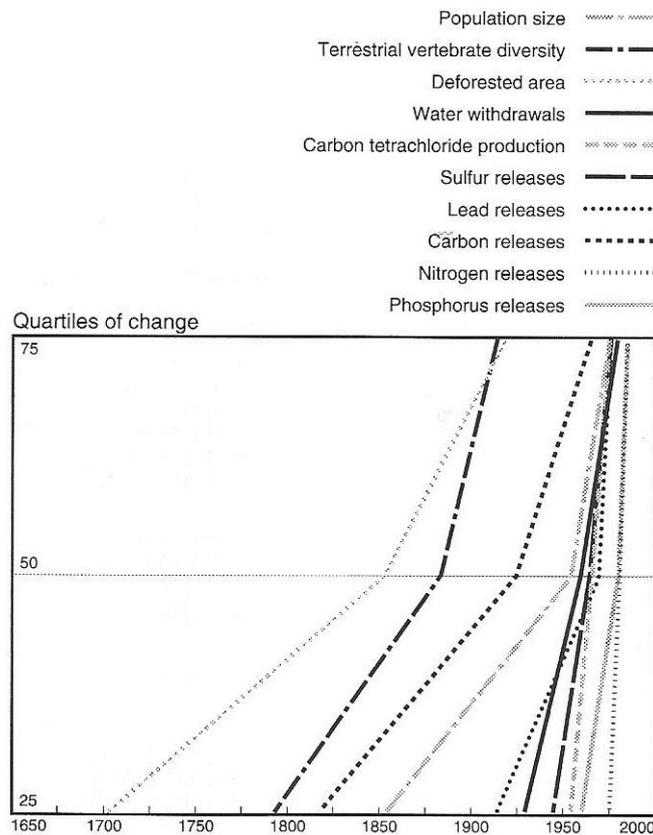


Figure 33 – Tendances des transformations environnementales provoquées par l'action humaine par Kates et ses collègues dans « *The Great Transformation* »⁸⁶¹. En ordonnées, ce sont les quartiles qui sont représentés, ce qui permet de tracer sur un même graphe les différentes composantes pour autant incommensurables selon d'autres critères. On constate que l'après-guerre est déjà mis en évidence comme période clé.

L'ouvrage, étant ainsi en lui-même un panorama environnemental, mobilise des modes de représentations qui seront largement mobilisés dans la définition de la notion d'Anthropocène, en particulier les courbes d'indicateurs environnementaux globaux. De plus, le terme de « Grande Transformation » qui y est introduit n'est pas sans rappeler celui de « Grande Accélération », qui sera au cœur de la construction du concept d'Anthropocène par les tenants des SST dans les années 2000 et 2010 (Figure 33)⁸⁶². En outre, on voit à quel point ces assemblées alimentent le récit inhérent à la notion d'Anthropocène dans le milieu des SST. En effet, la généalogie de l'idée d'action géologique globale véhiculée par la littérature anthropocénique (Stoppani, Suess, Marsh, Vernadsky etc.), et ce dès la publication de Stoermer et Crutzen en 2000, est véhiculée dans les volumineux ouvrages des années 1980 et 1990, déjà

⁸⁶¹ R. W. KATES, B. L. TURNER II et W. C. CLARK, « The Great Transformation », dans B. L. Turner II et al. (éd.), *The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere over the Past 300 Years*, Cambridge ; New York, Cambridge University Press ; Clark University, 1990, p. 7

⁸⁶² Voir le chapitre 19, « Vascularisation dans les arènes des SST ».

comme ensemble de pionniers de la conscience des altérations humaines de la Terre⁸⁶³. Le discours du « changement global » participe ainsi déjà à la formation des principaux *topoi* du discours anthropocénique des années 2000 et 2010.

A la même époque, dans les instances de négociation internationales, émerge un discours sur la Terre et le changement global comme enjeu pour l'action politique. Dès le milieu des années 1980, les cercles onusiens soulignent les risques globaux du changement climatique, du « trou » de la couche d'ozone, de la déforestation, des pluies acides, de la pollution et de la possibilité d'un hiver nucléaire. Le rapport de Gro Harlem Brundtland, qui introduit dans les instances de négociation politique internationales le terme de « Développement durable », évoque déjà une « Nature » « fragile et délicatement équilibrée », possédant des « seuils qui ne peuvent être dépassés sans mettre en danger l'intégrité du système ». Portant un diagnostic sur sa situation historique en identifiant des « symptômes » et des traitements réputés à l'échelle du problème (à savoir promouvoir une autre « croissance »), le rapport souligne, tout comme les programmes de SST, que nous sommes presque au point de mettre en péril « la survie de la vie sur Terre » mais qu'une « gestion planétaire » (*planetary management*) est cependant possible grâce aux technologies spatiales permettant un suivi « des signes vitaux de la planète » et, de ce fait, aidant l'humanité à « protéger sa bonne santé »⁸⁶⁴. A la fin de la décennie, le Comité sur les changements globaux du NRC organise le Forum sur le changement global et notre futur commun⁸⁶⁵, dans le but de publiciser les « sciences du système Terre », le changement global et les réponses sociales et politiques pour y faire face. Cet événement regroupe sur deux jours des interventions embrassant un large éventail d'interventions aux thématiques variées : allant de l'histoire des sciences, aux sciences de la Terre, en passant par la politique. Il est représentatif des arènes où se croisent des acteurs des sciences et des politiques internationales : nous trouvons au Forum, à la fois les tenants des SST (Bretherton, Malone, McCarthy, McElroy, Schneider), Brundtland, des acteurs du monde de l'industrie, des biologistes tels Paul Ehrlich connu pour son ouvrage *The population Bomb* (1968) ou un des créateurs de la notion de biodiversité, Thomas Lovejoy, et plusieurs élus nord-américains dont

⁸⁶³ T. F. MALONE et J. G. ROEDERER (éd.), *Global change, op. cit.*, p. xviii ; W. C. CLARK et R. E. MUNN, *Sustainable Development of the Biosphere, op. cit.*, p. 9-11 ; D. LOWENTHAL, « Awareness of Human Impacts: Changing Attitudes and Emphases », dans B. L. Turner *et al.* (éd.), *The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere over the Past 300 years*, Cambridge ; New York, Harvard University Press ; Clark University, 1990, p. 121-135. Ces éléments historiques sont souvent informés par W. J. THOMAS, *Man's Role in Changing the Face of the Earth, op. cit.* ; et C. J. GLACKEN, *Traces on the Rhodian Shore; Nature and Culture in Western Thought from Ancient Times to the End of the Eighteenth Century*, Berkeley, University of California Press, 1967

⁸⁶⁴ COMMISSION MONDIALE DE L'ENVIRONNEMENT ET LE DEVELOPPEMENT, *Our Common future*, Oxford, Etats-Unis d'Amérique, 1987, sect. 23, 56-80

⁸⁶⁵ *Forum on Global Change and Our Common Future*, 2 et 3 mai 1989 à Washington D. C.

le sénateur Albert Gore Jr. qui y affirme la nécessité humaine d'assumer son rôle de « bon intendant » de la planète⁸⁶⁶. Face au problème du « changement global » qui y est caractérisé cette fois comme une résultante de la seule cause humaine, une « grande convergence » est nécessaire entre les « scientifiques, ingénieurs, scientifiques du monde social et décideurs »⁸⁶⁷.

L'Organisation des Nations Unies convoque en 1992 une grande conférence sur le développement et l'environnement, le deuxième « Sommet de la Terre », au cours de laquelle la question climatique entre explicitement comme enjeu politique pour la communauté internationale à travers le lancement de la Conférence cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (UNFCCC), qui donne lieu au cycle annuel depuis réitéré des Conference of Parties (COP), mais aussi les Conventions des Nations unies sur la diversité biologique et sur la désertification⁸⁶⁸. Le programme « Action 21 », qui trace les grandes lignes des mesures que se donne la communauté internationale, positionne les « sciences du système Terre » dans un rôle clé. Censées fournir la « capacité de charge » (*carrying capacity*) de la Terre, dans un temps où l'« environnement global » évolue à une rapidité historique et où l'humanité consomme le monde à un allure insoutenable. Ainsi, les « facteurs humains » sont des « forces clés » du « changement global » et il revient aux savoirs de la Terre de déverminer les « processus qui pourraient porter atteinte ou *améliorer* sa capacité de soutenir la vie »⁸⁶⁹. Cette assignation du rôle des SST peut se lire rétrospectivement comme demande précédant la question des points de bascule et des limites planétaires dans les années 2010⁸⁷⁰.

De façon frappante, il se produit progressivement comme une inversion de la catégorie de « changement global ». En effet, au premier abord, ce terme désigne des processus à l'échelle globale régulièrement rappelés dans les rapports : destruction de l'ozone stratosphérique, dégradation de la biodiversité, épuisement des ressources, changement climatique, pluies acides et pollution principalement. Il s'agit d'une manière d'encapsuler de nombreux phénomènes transfrontaliers ou globaux afin de souligner que leur occurrence implique des processus biogéochimiques de grande échelle. Mais dans un second temps, c'est à partir de cette catégorie de changement global que sont collectés *a priori* tous les faits pouvant s'y rapporter – tous les faits répondant à une définition plus ou moins lâche de conséquences environnementales des activités humaines. Il y a une forme de *totalisation* rétrospective dans l'usage de la catégorie de

⁸⁶⁶ T. F. MALONE et R. DEFRIES (éd.), *Global Change and Our Common Future: Papers from a Forum*, Washington, D.C., National Academies Press, 1989

⁸⁶⁷ *Ibid.*, p. iii-iv

⁸⁶⁸ UNITED NATIONS, « United Nations Conference on Environment & Development, Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992 », 1992

⁸⁶⁹ *Id.* art. 35.2-10

⁸⁷⁰ Voir la partie suivante.

« changement global » qui suppose alors en miroir un « environnement global » qui n'est pas seulement une spatialité fonctionnelle que rend la notion de « système Terre », mais un opérateur discursif de totalisation des maux planétaires – en d'autres termes, un environnement total.

Cette totalisation devient explicitement l'enjeu des discours politiques et scientifiques internationaux, comme centre à partir duquel est énoncée la question environnementale. Les nombreuses publications qui, à la fin du XXe siècle, collectent des maux environnementaux à l'échelle du globe en dressant des panoramas de plus en plus compréhensifs, en sont un symptôme. Par exemple, outre les références précédemment citées, le PNUE publie à partir de 1997 des *Global Environment Outlook*⁸⁷¹. Ce genre de publication renvoie aux sommes publiées entre les années 1980 et 2010, notamment par le World Resources Institute et le Worldwatch Institute qui font annuellement paraître des panoramas environnementaux sur l'« Etat du monde ». Organisés selon des thématiques centrales, ces rapports varient en fonction du temps : les questions du péril nucléaire, de la surpopulation, de l'érosion de la biodiversité, de la finitude des ressources, des pollutions, du changement climatique, de la destruction de l'ozone, du nucléaire, de l'eau prennent selon l'agenda politique plus ou moins d'importance et des termes nouveaux sont progressivement introduits (« extinction massive des espèces », « seuils », « développement soutenable »)⁸⁷². L'environnement global n'y est pas saisi conceptuellement à partir d'une définition de la Terre comme espace, mais se révèle comme juxtaposition de problèmes auxquels il devient urgent de répondre, qu'avait déjà thématiqué avec un fort cadrage modélisateur et économique le rapport Meadows dans les années 1970.

Ainsi pourrait-on qualifier cette période de géologiquement réflexive au sens où l'action humaine est bien réputée commensurable aux processus biogéochimiques globaux. Cette réflexivité est largement partagée dans l'espace des savoirs de la Terre et s'y exprime dans l'espace public de manière synthétique à travers des panoramas environnementaux globaux prenant directement pour objet d'enquête les conséquences environnementales de l'action humaine. De plus, cette réflexivité incorpore une dimension interdisciplinaire sur les catégories, et notamment le caractère englobant du « changement global » à la fois concernant les dimensions des processus concernés (accumulation versus processus globaux) et les inégalités sociales et de responsabilité des êtres humains. Pour illustrer ce point, il est utile de

⁸⁷¹ UNEP, *Global environment outlook 1997*, New York, Oxford University Press, 1997

⁸⁷² WORLD RESOURCES INSTITUTE (éd.), *World resources: 1986*, New York, Basic Books, 1986 ; L. R. BROWN, E. C. WOLF et L. STARKE, *State of the world, 1984: a Worldwatch Institute report on progress toward a sustainable society*, New York, Norton, 1984.

revenir sur l'exemple de la revue *Global Environmental Change : Human and Policy Dimensions*, naissant en 1990 afin de répondre à la « sous-représentation » des sciences humaines et sociales dans ce domaine, constat qui sera repris deux décennies plus tard dans le contexte du discours anthropocénique. Un article y décrit notamment trois aspects de la notion de « changement global » : elle a été popularisée « à tel point qu'elle a commencé à entrer dans le langage de tous les jours » ; elle sert de « fourre-tout » allant de la crise énergétique au changement climatique, en passant par les pollutions ; elle relève à la fois du discours scientifique et d'une catégorie pour les mouvements politiques, y compris écologistes⁸⁷³. Ce sont précisément des critiques qui seront adressées à la notion d'Anthropocène dans les années 2010. Les similitudes se révèlent en effet saisissantes : non seulement du point de vue du contenu, mais aussi de la rapidité avec laquelle elle se propage dans l'espace social et y suscite des questionnements semblables, y compris dans le monde académique. Prenant acte de cette réflexivité, intéressons-nous désormais sur les formes principales qu'elle prend à la fin du XXe siècle.

14.2 De la géo-cybernétique à la géophysologie

Nous l'avons vu, l'agentivité géologique de l'humanité est un élément central du discours des « sciences du système Terre » dès les années 1980. De plus, la notion de « système Terre » sert non seulement comme manière d'ordonner les savoirs entre eux, mais aussi à idéaliser un modèle de la totalité du globe : il s'agit d'une figure de l'environnement global. Cependant, en retour, cette totalité cybernétique est formulée comme objet dont l'action collective doit s'emparer. En effet, entre les années 1980 et 1990, plusieurs acteurs des « sciences du système Terre » inventent ou réinventent un vocabulaire dénotant la fonction du scientifique-médecin de la Terre en remobilisant à cet effet une traduction de l'opérativité terrestre que l'on trouvait durant la guerre froide.

Il revient à James Lovelock d'introduire explicitement une telle figure dans les années 1980 *via* la notion de « géophysologie ». Chez Lovelock, la première occurrence de ce terme apparaît dans une recension d'un ouvrage de Heinrich Holland⁸⁷⁴, dans laquelle Lovelock regrette que la biogéochimie de son époque ne prenne pas en compte les propriétés

⁸⁷³ F. H. BUTTEL, A. P. HAWKINS et A. G. POWER, « From limits to growth to global change: Constraints and contradictions in the evolution of environmental science and ideology », *Global Environmental Change*, vol. 1, n° 1, 1^{er} décembre 1990, p. 57-66

⁸⁷⁴ H. D. HOLLAND, *The Chemical Evolution of the Atmosphere and Oceans*, Woodstock, Princeton University Press, 1984

homéostatiques du globe engendrées par l'activité du vivant⁸⁷⁵. Cependant, c'est durant la seconde moitié des années 1980 et les années 1990 que l'ingénieur développe la conception qu'il se fait d'une telle discipline. Sommes-nous victimes d'une hypochondrie à l'échelle mondiale, nous, public profane halluciné à la lecture des « scénarios catastrophiques omniprésents » qui seraient autant d'équivalents de manuels de médecine ? Pour Lovelock, le problème relève de la connaissance : « un bon médecin (*physician*) sait que l'hypochondrie masque une véritable maladie, qui est très différente de celle qu'imagine le patient. » Le problème étant qu'il n'y a pas encore de tels médecins : que le « véritable mal planétaire se situe au-delà de [...] l'expertise » des climatologues et des biogéochimistes. Il faut donc fonder une « médecine planétaire », une « géophysologie » (terme composé de « géo » et de « physiologie ») qui prenne acte de la capacité « homéostatique globale » : la Terre n'est pas un « vaisseau spatial », mais une « entité quasi-vivante »⁸⁷⁶. Et cette fondation se double d'une revendication explicite l'inspiration physiologiste de la géologie de James Hutton, lui-même « physiologue ». Selon Lovelock, la biologie et la géologie ont trop longtemps été en état d'« apartheid » réciproque, à la fois disciplinaire et conceptuel. Il propose de transposer, dans le domaine des sciences de la Terre, l'idée de propriétés émergentes admises en biologie au niveau de l'organisme. Mais ce niveau conceptuel est aussi doublé d'une proposition disciplinaire, sans doute en lien avec les réflexions de l'époque sur les SST : « un système opérationnel scientifique qui fournisse un environnement dans lequel les différentes disciplines pourraient interagir », sortir de la relation « platonique » de la biologie et de la géologie pour aller vers une relation « intime, étroitement couplée »⁸⁷⁷.

La différence entre le vaisseau spatial et le super-organisme vient du fait que Gaïa *répond* à des perturbations pour maintenir certaines conditions atmosphériques et chimiques du globe à son avantage, sans finalisme pour autant, alors qu'un système physique est purement passif. Cependant, cette homéostasie, qui tout en admettant des variations possède un principe de retour à la norme, n'est qu'un état du système parmi d'autres et, si une perturbation s'avérait trop forte, cet état serait en mesure de basculer vers un autre – avec ou sans vie⁸⁷⁸. D'où le rôle du géophysologue : ce n'est pas de déterminer la norme d'un milieu ou de la Terre en fonction

⁸⁷⁵ J. LOVELOCK, « Holland's Earth », *Nature*, vol. 312, n° 5994, décembre 1984, p. 571-571

⁸⁷⁶ J. LOVELOCK, « Geophysiology: A New Look at Earth Science », *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 67, n° 4, 1986, p. 392-395. Lovelock propose un argument similaire dans J. LOVELOCK, « Geophysiology », *Earth and Environmental Science Transactions of The Royal Society of Edinburgh*, vol. 80, n° 3-4, ed 1989, p. 169-175

⁸⁷⁷ J. LOVELOCK, « Geophysiology, the Science of Gaia », *Reviews of Geophysics*, vol. 27, n° 2, 1989, p. 215-216

⁸⁷⁸ J. LOVELOCK, *The Ages of Gaia. A Biography of our Living Earth*, Oxford ; New York, Oxford University Press, 1988, p. 102

d'un rapport de proportionnalité entre la cause (la pollution) et l'effet (réchauffement climatique). Il s'agit bien plutôt de déterminer une telle norme en fonction des seuils à partir desquels les fonctions autorégulatrices de Gaïa ayant favorisé la vie humaine sur Terre (y compris comme condition ayant permis l'existence d'autres êtres nécessaires à cette vie) deviendraient incompatibles avec celle-ci, ce qui comprend donc l'éventualité de leur disparition⁸⁷⁹. Comme le dit Lovelock dans *Ages of Gaia* : « Gaïa n'est pas intentionnellement anti-humaine, mais tant que nous continuons de modifier l'environnement global à l'encontre de ses préférences [donc à l'encontre de sa faculté à maintenir un environnement favorable à la vie en général], nous favorisons notre remplacement par une espèce plus convenable⁸⁸⁰ ».

D'où une certaine analogie organiciste, où les êtres vivants sont liés d'après le principe selon lequel chacun contribue, involontairement et du fait même de sa constitution de vivant, à favoriser des conditions elles-mêmes favorables à la vie mais aussi à favoriser la sélection de conditions préférables pour toutes les formes de vie sur Terre⁸⁸¹. Finalement, c'est une affaire de différence conceptuelle qui induit une différence d'expertise :

S'il s'avère que la théorie de Gaïa rend suffisamment compte du système de fonctionnement de la Terre, alors nous avons assurément consulté les mauvais spécialistes pour le diagnostic et le remède de nos maladies globales. Nous avons besoin de réponses à ce genre de questions : A quel point le présent système est-il stable ? Qu'est-ce qui va le perturber ? Est-ce que les effets des perturbations peuvent être inversés ? [...] Ce sont toutes des questions qui appartiennent au domaine de la géophysologie⁸⁸².

La « géophysologie » de Lovelock, qui est le nom de sa « science de Gaïa », est aussi une « médecine planétaire » qui identifie un état de bonne ou mauvaise santé, d'après le fonctionnement de ses parties. Néanmoins son statut est ambigu. En effet, il y a d'une part la position du savant incarnée par Lovelock, et détentricer du savoir à même d'établir un diagnostic correct, à l'encontre à la fois des environnementalistes, trop naïfs à bien des égards, et des autres

⁸⁷⁹ Ce qui conduit Lovelock à entrevoir une autre historicité de la Terre, une autre manière de considérer quels sont les événements historiquement pertinents : « [...] il y a un accord informel sur la date de 2,5 éons pour la fin de l'Archéen, quoique certain préféreraient fixer la limite à l'apparition d'une série de roches spécifiques au Zimbabwe [...]. En réalité, les incertitudes sont importantes au sujet des événements d'il y a 2,5 éons, et pour le moment nous pouvons prendre les marqueurs géologiques et géophysologiques pour définir la même zone de l'histoire de la Terre. Pour la géophysologie, ce qui est important au sujet de la transition entre l'Archéen et le Protérozoïque n'est pas la date exacte de l'événement, mais plutôt son occurrence. » AGES OF GAIA 99

⁸⁸⁰ J. LOVELOCK, *The Ages of Gaia. A Biography of our Living Earth*, *op. cit.*, p. 236

⁸⁸¹ « La géophysologie nous rappelle que tous les écosystèmes sont interconnectés entre eux. Par analogie, le foie d'un animal a une certaine capacité de régulation de son environnement interne, et ses cellules peuvent être élevées séparément en culture artificielle de tissus. Mais ni l'animal ni son foie ne peuvent vivre seuls : leur existence dépend de leur interconnexion mutuelle. » J. LOVELOCK, « Geophysiology: A New Look at Earth Science », *op. cit.*, p. 396

⁸⁸² *Ibid.*, p. 397

scientifiques indifférents au pouvoir de la vie à l'échelle globale. Cependant, il ne s'agit pas non plus d'un projet de maîtrise. Comme le dit Lovelock à plusieurs reprises, la géophysologie correspond selon lui à l'état de la médecine prémoderne, et l'image qu'il se fait du « physicien [au sens ancien] planétaire ». Ce dernier renvoie au médecin de famille, « celui qu'on appelle à la maison », qui vit comme « avant les découvertes des antibiotiques et de la biologie moléculaire » ; « diagnosticien compétent », il peut aussi « reconforter » et peut « parfois guérir en guidant le processus par lequel la nature suit son propre cours »⁸⁸³. De ce fait, la « médecine planétaire » lovelockienne n'est pas celle des grands projets, d'un pharaonisme terraformateur, ou de la bureaucratisation de la Terre qu'il dénonce : au contraire, le co-auteur de l'hypothèse Gaïa appelle à se défaire de toute idée de « management » ou d'« intendance » planétaires⁸⁸⁴. L'approche « empirique » de la « médecine planétaire », « parfois non-scientifique », recommande une vision biogéochimique de l'industrie similaire à la notion d'écologie industrielle, courante entre les années 1980 et 1990, où les flux de matière sont rebouclés, où ce qui était déchet (re)devient ressource, où les débordements sont limités par des procédés chimiques nouveaux. Elle s'exerce dans l'intérêt d'un syndicat planétaire, celui qui prend la défense des vivants en général⁸⁸⁵.

La vision est sensiblement différente chez un acteur important des SST, à savoir William C. Clark qui promeut à la même époque un « management de la planète Terre ». Clark obtient son doctorat d'écologie des populations à l'Université de la Colombie Britannique en 1979, mais s'écarte rapidement du champ scientifique à proprement parler pour produire des textes de politique des sciences sur la question du *global change* et devient un acteur incontournable du discours sur le « développement durable » durant les années 1980. Au cours de cette décennie, il siège dans de nombreux comités sur les grandes questions environnementales, y compris le Committee on Global Change (NRC), qui est aussi le comité national de l'IGBP aux Etats-Unis. Dans la continuité du rapport Brundtland, Clark promeut l'idée d'un « management planétaire », titre d'un numéro de *Scientific American* dont il dirige le dossier principal en 1989. Entrecalé entre une photographie d'une femme népalaise plantant

⁸⁸³ J. LOVELOCK, *Gaia: The Practical Science of Planetary Medicine*, Oxford (GB); New York, Oxford University Press, 2000

⁸⁸⁴ *Ibid.*, p. 175-177

⁸⁸⁵ *Ibid.*, p. 181-186. Loin de nous, cependant, de voir en Lovelock un écologiste convaincu, participant de l'avènement d'une conscience critique de la société et du progrès industriels telle qu'on serait tenté de le rétroprojeter. Voir R. BRIDAY et S. DUTREUIL, « Les multiples facettes de l'entrepreneuriat scientifique de James Lovelock dans les années 1960-70 : développement d'instruments, consultance sur les pollutions et hypothèse Gaïa », *Marché et Organisations*, n° 34, janvier 2019, p. 33-60 ; S. DUTREUIL, « James Lovelock, Gaïa et la pollution : un scientifique entrepreneur à l'origine d'une nouvelle science et d'une philosophie politique de la nature », *Zilsel*, N° 2, n° 2, 8 septembre 2017, p. 19-61.

un arbre et une publicité pour produit nettoyants, l'article de Clark semble incarner l'optimisme onusien. Il n'y aurait qu'à l'échelle de l'espèce que l'humanité serait à même de gérer les changements qu'elle effectue à l'échelle du globe : « une gestion intelligente et réfléchie de la Terre est un des grands défis auquel l'humanité fait face en cette fin de XXe siècle⁸⁸⁶. »

Le management planétaire assume l'éventualité de « surprises » telles que le « trou » de la couche d'ozone, et donc que l'action puisse précéder la connaissance certaine. Dans ce contexte de la nécessité d'une gestion « adaptative », Clark défend trois réquisits : que l'information disponible à la décision politique soit davantage « en faveur » de politiques de « développement durable » ; de développer des technologies soutenables qui soient « en même temps économiquement soutenables » ; et enfin l'élaboration de mécanismes tels que le Protocole de Montréal. Pour Clark l'intervention d'une myriade d'acteurs non-gouvernementaux devient contre-productive (nous sommes avant le sommet de Rio), et le besoin immédiat est plutôt celui de la concertation interministérielle telle qu'elle se pratique dans le domaine économique⁸⁸⁷. Au fond, ce que thématise Clark est bien une réponse à un problème, une manière de s'organiser face au *global change* dont il détaille les multiples dimensions. C'est une réponse face à un *diagnostic*, mais une réponse qui s'entend *normativement supérieure* à celle qui lui pré-existe quoiqu'elle s'inscrive dans la description des processus politiques en cours. En ce sens, il y a bien une certaine dimension de *réparation* de la situation, qui dénote un rôle médical mais celui-ci est plutôt lointain. En revanche, le pouvoir de l'action humaine sur le globe est quant à lui clairement évoqué : « Gérer la planète Terre va exiger des réponses à deux questions : quel genre de planète voulons-nous ? quel genre de planète sommes-nous capables d'obtenir ? » Ainsi nous faudrait-il non seulement comprendre le changement global, mais « choisir des stratégies pour développer (*for developing*) la planète »⁸⁸⁸.

En tant qu'ils relèvent d'acteurs à la fois au centre et à la périphérie de la constellation des « sciences du système Terre », ces propos sont symptomatiques de la montée d'une réflexivité *géo-politique*, au sens d'une explicitation des savoirs de la Terre mais aussi d'une explicitation *voulue* comme telle. A ce titre, le cas de Schellnhuber est particulièrement édifiant. Celui-ci promet une conception explicitement métaphysique, scientifique et politique d'une approche des sciences du « système Terre » qu'il nomme « Analyse du système Terre » (*Earth*

⁸⁸⁶ W. C. CLARK, « Managing Planet Earth », *Scientific American*, vol. 261, n° 3, septembre 1989, p. 47

⁸⁸⁷ *Ibid.*, p. 53-54

⁸⁸⁸ *Ibid.*, p. 47. Voir également W. C. CLARK, « Managing Planet Earth », dans J. C. White, W. Wagner et C. N. Beal (éd.), *Global Climate Change: The Economic Costs of Mitigation and Adaptation*, Dordrecht, Springer Netherlands, 1991, p. 1-12

system analysis). L'avènement de cette approche, se présentant comme un « Grand Défi Scientifique », est rendu non seulement « envisageable » et « concevable » par les inventions respectives de l'observation satellite et des modèles numériques, mais aussi « nécessaire » depuis la découverte de la question de l'ozone stratosphérique⁸⁸⁹. Plus généralement, selon les idées que Schellnhuber élabore à la fin des années 1990, la situation contemporaine de « changement global » correspond au passage d'un état des relations entre écosphère et anthroposphère à un autre. Les deux sphères étaient historiquement « découplées », puisque « l'humain historique n'avait pas d'influence sur le processus opérationnel du système Terre général ». En revanche, « la totalité des perturbations anthropogéniques de l'écosphère ne peut plus être comparée de quelque sorte que ce soit » à la situation précédente. En effet, l'humanité « a depuis maintenant longtemps outrepassé son rôle de passager clandestin (*free rider*) au sein du système Terre et s'est changée en acteur global⁸⁹⁰. » Cette situation de changement d'échelle introduit la question des seuils critiques comme enjeu fondamental de recherche, ce qui sera effectivement mobilisé dans la littérature anthropocénique au cours de la décennie suivante⁸⁹¹. A l'instar d'autres acteurs de l'époque, Schellnhuber n'hésite pas à inscrire l'avènement de l'agir planétaire de l'humanité au sein de l'histoire géologique, et en fait la troisième étape fondamentale après la formation de la croûte terrestre et l'apparition de la vie et rappelant en cela les récits géologiques de l'humanité de la fin du XIXe siècle et du début du XXe siècle⁸⁹².

Schellnhuber définit l'« Analyse du système Terre », dont il nomme le versant théorique « géo-cybernétique », comme une « enquête scientifique portant sur la façon dont le complexe en interrelation infinie de l'écosphère et de l'anthroposphère répond en tant que tout à des perturbations majeures, et sur la façon dont ces réactions pourraient être favorablement influencées par une sage gestion globale. » La portée de cette entreprise est « sans précédent », même le Projet Manhattan ne soutenant pas pour lui la comparaison⁸⁹³. Ne se payant pas de mots, Schellnhuber y voit une « deuxième révolution copernicienne » : elle « sera [...] un renversement de la première : elle nous permettra de regarder en arrière vers notre planète afin de percevoir une entité dynamique unique, complexe, dissipative, loin de l'équilibre

⁸⁸⁹ H. J. SCHELLNHUBER et V. WENZEL, *Earth System Analysis: Integrating Science for Sustainability*, Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, 1998, p. viii. Il s'agit des actes largement remaniés d'un colloque de 1994 au Potsdam Institute, réunissant des spécialistes de nombreuses disciplines : climatologie, écologie, sociologie du développement, hydrologie, économie.

⁸⁹⁰ H. J. SCHELLNHUBER, « Earth System Analysis - The Scope of the Challenge », dans H. J. Schellnhuber et V. Wenzel (éd.), *Earth System Analysis: Integrating Science for Sustainability*, Berlin ; Heidelberg, Springer, 1998, p. 14-16

⁸⁹¹ *Ibid.*, p. 21

⁸⁹² Voir le chapitre 4. H. J. SCHELLNHUBER, « 'Earth system' Analysis and the Second Copernican Revolution », *Nature*, vol. 402, n° 6761, décembre 1999, p. C22

⁸⁹³ H. J. SCHELLNHUBER, « Earth System Analysis - The Scope of the Challenge », *op. cit.*, p. 6

thermodynamique – le « système Terre ». » Si la première « révolution » était selon lui d'ordre mécanique, cette « seconde révolution » est en revanche d'ordre physiologique – au sens passé de la médecine –, elle a pour « instrument de diagnostic » une vision macroscopique de la Terre, « produisant des preuves pour [son] nécessaire traitement » (Figure 34)⁸⁹⁴. Cette politique est spécifiquement conçue pour répondre aux enjeux du « développement durable » tels qu'ils sont définis depuis la conférence d'Ottawa et le fameux rapport de Brundtland qui introduit cette notion au milieu des années 1980⁸⁹⁵.

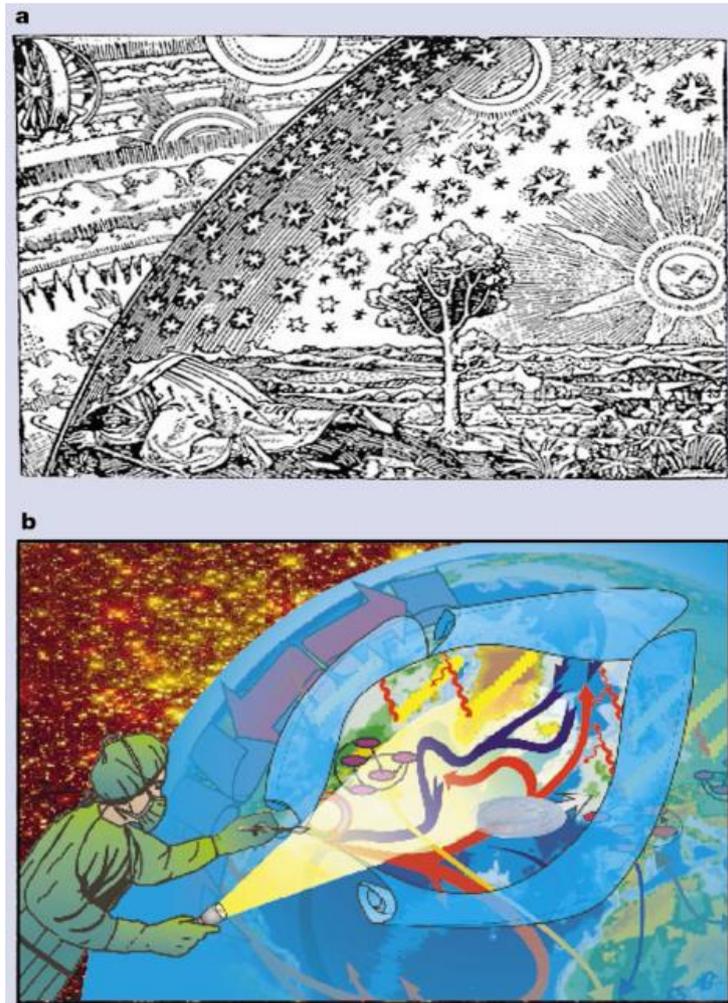


Figure 34 – Représentation des deux « révolutions coperniciennes » selon Schellnhuber. La figure (a) renvoie à la première et la seconde, représentant un chirurgien ouvrant ce qui semble être le corps organique de la Terre, est illustrée par la figure (b). Dans les « organes », on peut reconnaître une représentation par flèches de la circulation thermohaline (flèches bleues et rouges), ainsi que les

⁸⁹⁴ H. J. SCHELLNHUBER, « 'Earth system' Analysis and the Second Copernican Revolution », *op. cit.*, p. C20

⁸⁹⁵ COMMISSION MONDIALE DE L'ENVIRONNEMENT ET LE DÉVELOPPEMENT, *Our Common future*, *op. cit.* ; H. J. SCHELLNHUBER, « Earth System Analysis - The Scope of the Challenge », *op. cit.*, p. 9. La dimension politique n'est pas du seul fait de Schellnhuber. Si elle se trouve chez lui formulée d'une manière particulièrement explicite et personnelle, elle n'en reste pas moins un impératif de l'IGBP qui se renforce au cours de la vie du programme. Voir C. KWA, « The Programming of Interdisciplinary Research Through Informal Science-Policy Interactions », *op. cit.*

14.3 Conclusion

Il faut bien saisir que le discours analysé ici est concomitant au renouveau de la géo-ingénierie comme réponse au problème du changement climatique. L'idée de modification climatique, comme nous l'avons déjà noté, est consubstantielle à la montée dans les savoirs de la Terre du XXe siècle de la connaissance du climat et des préoccupations liées à l'influence humaine sur celui-ci. Le terme de « géo-ingénierie » a été introduit en 1977 par Cesare Marchetti, précisément en réponse au « problème du CO₂ » qu'il proposait de piéger dans la circulation thermohaline⁸⁹⁷. Depuis, de nombreux acteurs ont repris cette idée sous d'autres formes, allant de la reforestation à l'ensemencement des océans en passant par la mise en orbite de miroirs géants, y compris l'Académie des sciences états-uniennes qui publie un rapport en 1992, année du Sommet de Rio, comprenant un chapitre controversé proposant une série de solutions de géo-ingénierie face au changement climatique⁸⁹⁸. L'économiste William Nordhaus, aujourd'hui l'un des principaux tenants des « écomodernistes » du Breakthrough Institute, y estime alors que la géoingénierie reste moins coûteuse que des mesures de stabilisation des émissions, s'avérant pires à ses yeux que l'inaction⁸⁹⁹.

Bien sûr, une telle perspective reste très controversée, mais elle montre à quel point l'idée d'une action humaine sur le globe n'est pas étrangère à ce qui est parfois appelé la « prise de conscience écologique ». En réalité, les différences entre la géo-ingénierie, management de la planète, ou la médecine planétaire peuvent être rapprochées en les considérant comme des reprises du schème de la géo-opérativité. En effet, elles ne font que se donner une nouvelle fin, sans changer de forme. Il s'agit non plus de faire la guerre, mais de répondre au problème d'un dérèglement global, d'une sortie des normes de la Terre. Le schème de l'action, et plus spécifiquement de l'opération technique reste. Mais on peut encore ajouter une composante à l'analyse. En 1997, l'écologue Peter Vitousek et ses collègues font paraître dans *Science* une étude qui connaît un important retentissement. Celle-ci a pour objet la « domination humaine

⁸⁹⁶ H. J. SCHELLNHUBER, « 'Earth system' Analysis and the Second Copernican Revolution », *op. cit.*

⁸⁹⁷ C. MARCHETTI, « On Geoengineering and the CO₂ Problem », *Climatic Change*, vol. 1, n° 1, 1^{er} mars 1977, p. 59-68

⁸⁹⁸ S. H. SCHNEIDER, « Geoengineering: Could— or Should— We Do It? », *Climatic Change*, vol. 33, n° 3, 1^{er} juillet 1996, p. 199 ; J. R. FLEMING, *Fixing the sky*, *op. cit.* ; NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, *Policy Implications of Greenhouse Warming: Mitigation, Adaptation, and the Science Base.*, Washington, National Academies Press, 1992

⁸⁹⁹ J. R. FLEMING, *Fixing the sky*, *op. cit.*, p. 246

des écosystèmes terrestres ». Elle présente deux prémisses d'un syllogisme : d'une part « même à l'échelle la plus grande, la plupart des aspects de la structure et du fonctionnement des écosystèmes de la Terre ne peuvent être analysés sans tenir compte de l'influence humaine, souvent dominante » ; d'autre part, l'impératif de croissance mondiale « garantit que notre domination va s'accroître ». D'où la conclusion : « nous ne pouvons échapper à notre responsabilité de gérer [*managing*] la planète⁹⁰⁰. » Ainsi, tout se passe comme si c'était dans le destin même, dans le caractère implacable de la nécessité historique, que se révélait l'impératif de l'action sur le globe, et, au fond, de sa maîtrise.

⁹⁰⁰ P. M. VITOUSEK *et al.*, « Human Domination of Earth's Ecosystems », *Science*, vol. 277, n° 5325, 25 juillet 1997, p. 494-499

Conclusion de la deuxième partie : les signes et l’agir planétaires

There is an intrinsic conflict with geography — and institutions based thereon — as understood today. Of course, any technology interacts with geography, and each imposes its own geographical rules and modalities. The technology that is now developing and that will dominate the next decades seems to be in total conflict with traditional and, in the main, momentarily still valid, geographical and political units and concepts. This is the maturing crisis of technology⁹⁰¹.

— Neumann, 1955

Au cours de la partie précédente, nous avons analysé en quoi le récit de l’humanité comme agent géologique est profondément et positivement ancré dans la science moderne. Les temporalités humaines et géologiques se sont presque constamment entrecroisées, quoique sous des formes variées, plus ou moins explicites. Du point de vue de l’histoire longue des savoirs⁹⁰², le thème de l’agir global de l’humanité n’est guère évanescent, c’est plutôt son absence qui reste fuyante. C’est donc l’un des marqueurs de la pensée moderne. Prenant acte de cette configuration historique, cette partie avait pour tâche de rendre compte non pas de l’événement d’un inédit, mais de l’événement d’un retour dans le dire géologique, dont nous héritons directement aujourd’hui. Cet événement a été analysé dans les pratiques discursives articulées

⁹⁰¹ J. VON NEUMANN, « Can We Survive Technology ? », *op. cit.*, p. 668

⁹⁰² Mais aussi de la politique, voir J.-B. FRESSOZ et F. LOCHER, *Les révoltes du ciel. Une histoire du changement climatique XVe-XXe siècles*, *op. cit.*

au déploiement du dispositif global des savoirs de la Terre. Là réside la jonction entre la temporalité longue et la temporalité intermédiaire de notre analyse de l'énonciation anthropocénique. Pour conclure, nous voudrions toutefois tenter d'éclaircir le statut ambivalent de l'action géologique inscrite dans le dispositif de géo-savoir, afin de mettre en évidence un processus de sémiotisation sous-jacent à la constitution de la fonction de diagnostic des géo-savoirs. Toutefois, il nous semble important de revenir en premier lieu sur le problème de la continuité historique de la période que nous avons analysé dans cette partie : nous voudrions défendre qu'il existe une unité historique plus fondamentale que la rupture communément associée aux années 1970.

15.1 Un problème de continuité historique

Au plan historiographique, la durée qui nous sépare de la Seconde Guerre mondiale peut être classiquement découpée en deux séquences. La première correspond à un régime de savoir⁹⁰³ que nous pouvons nommer « haut-moderniste », et qui s'étend approximativement jusqu'au début des années 1970. L'Etat y est alors régulateur, investisseur, modernisateur, promoteur de technosciences et d'industrialisation, il porte au plus haut la défense des nations auxquelles il s'identifie et se montre préoccupé en permanence par la guerre⁹⁰⁴. L'optimisme progressiste, la confiance sans borne en la capacité des sciences à résoudre tous les problèmes, le pharaonisme infrastructurel et la centralité des laboratoires liés aux complexes militaires dans le fonctionnement des technosciences caractérisent ce moment. A partir des années 1970, lui succède, sous l'influence néolibérale, une approche des sciences comme source de compétitivité économique : le financement étatique est en reflux et la recherche de plus en plus pilotée par des acteurs non-étatiques, les universités se rapprochent des départements R&D des

⁹⁰³ Pestre définit un régime de savoir en partant du principe que la science est un complexe de productions, de pratiques, de valeurs, normes, réalités institutionnelles, modes d'inversion politiques et sociabilités, réalité économiques et juridiques, etc. Chaque moment historique voit une articulation particulière de ces éléments, et « une articulation de ces éléments sur une forme de compromis social, de pratiques de production et de gestion politique. » La notion de régime de savoir « évoque un assemblage d'institutions et de croyances, de pratiques et de régulations politiques et économiques qui délimitent la place et le mode d'être des sciences. Un tel régime est hétérogène dans ce qui le détermine, il est le résultat d'une histoire toujours particulière : ce n'est pas nécessairement un système cohérent et il n'a pas vocation à être optimal. Un tel régime est un ensemble de compromis institutionnalisés que les acteurs modifient délibérément ou non. Il relève toujours de logiques multiples aux temporalités propres [...] mais qui peuvent subir des retournements massifs [...] Sa cohérence n'est pas donnée, elle se gagne ; elle est l'objet de conflits car beaucoup est affaire de choix et de volonté. » D. PESTRE, *Science, argent et politique*, *op. cit.*, p. 34-36. Ici, nous utilisons cette notion plutôt que celle de dispositif, car nous analysons une hypothèse centrée, précisément, sur les savoirs au sens où l'entend Pestre quoiqu'un régime de savoir peut être une manière d'analyser un dispositif. Ce dernier terme, il nous semble, en plus d'être plus compréhensif, est nécessairement cumulatif dans le temps, contrairement au régime de savoir.

⁹⁰⁴ *Ibid.*, p. 39-76

grandes entreprises. De plus, fait remarquable, une nouvelle économie de la promesse technoscientifique prend place : elle est moins impulsée par l'Etat et son complexe idéologique officiel, et vise moins le bien de la nation en tant que telle, mais elle se fabrique comme moteur des attentes transnationales de bien-être et de prospérité économique, centrée sur le niveau individuel. La propriété intellectuelle est largement étendue, et le style de management privé se généralise aux organisations publiques, mettant en cause la relative collégialité et autonomie dans le pilotage des sciences de la précédente période⁹⁰⁵.

D'une certaine manière, nous retrouvons cette périodisation dans l'avènement des « sciences du système Terre ». En effet, comme nous l'avons souligné, si les entreprises restent relativement éloignées des institutions que nous avons traitées⁹⁰⁶, les savoirs de la Terre semblent bien passer d'une forme de *big science* naissant sous l'impulsion des Etats à un ensemble de savoirs disparates réunis en un très grand réseau souple où chaque antenne nationale, et chaque discipline, possède une relative autonomie, d'où l'expression de « mégascience distribuée » – même si, en réalité, le financement provient toujours massivement des Etats. De plus, nous pouvons analyser les modes de justification des programmes de SST comme manière de véhiculer la promesse de savoir en vue de clarifier et résoudre le problème du « changement global », tout autant que la promesse d'une meilleure gestion du globe, et ce participant, précisément, à la légitimation de ces institutions.

En première analyse donc, nous aurions le passage d'un régime des géo-savoirs orienté vers une appréhension prométhéenne, trouvant son paroxysme dans l'action directe sur le globe, à un régime réflexif, orienté vers la connaissance et la gestion des conséquences d'un agir devenu global. Le premier régime serait porté par les puissances étatiques engagées dans le conflit généralisé de la Guerre froide, comme manière de poursuivre la guerre mondiale par d'autres moyens ; le second renverrait à la montée de la sphère onusienne comme nouvel espace de résolution ou de renégociation des conflits dans le cadre de la détente, parvenant, malgré ses contradictions et même de manière instrumentale, à ce que les nations se donnent des enquêtes et des buts communs en impliquant notamment des acteurs inédits⁹⁰⁷. En soulignant l'importance des intérêts guerriers dans la naissance des savoirs de la Terre, cette analyse est

⁹⁰⁵ C. BONNEUIL et P.-B. JOLY, *Sciences, techniques et société*, Paris, La Découverte, 2013, p. 29-36

⁹⁰⁶ Il faut remarquer néanmoins deux choses : d'abord la géologie et la géochimie, et dans une moindre mesure l'océanographie (exploration sous-marine) sont des disciplines fortement liées aux enjeux d'extraction des ressources et donc à l'économie et, d'autre part, les géosciences, notamment au niveau infrastructurel et en particulier s'agissant des satellites, dépendent fortement des investissements des Etats mais le milieu entrepreneurial n'est guère loin.

⁹⁰⁷ C'est par exemple l'analyse de J. W. MEYER *et al.*, « The Structuring of a World Environmental Regime, 1870–1990 », *op. cit.*. Celle-ci ne rappelle toutefois pas l'origine guerrière des savoirs environnementaux, plutôt la profondeur historique du souci environnemental.

utile en ce qu'elle permet de désactiver partiellement un récit partagé de l'avènement de la conscience environnementale, reposant sur une conception irénique des savoirs de la Terre. Selon cette conception, ces derniers et en particulier les « sciences du système Terre » et la climatologie, seraient nés d'une préoccupation authentique pour la survie de l'espèce humaine⁹⁰⁸ et la préservation de notre monde alors que l'historiographie complexifie largement ce tableau, si elle n'en montre pas une tout autre origine.

Cependant, en supposant implicitement que nous en sommes sortis, cette analyse nous semble évacuer trop rapidement l'héritage du haut modernisme. D'un côté, nous ne pouvons qu'admettre les changements concrets que nous avons précédemment évoqués s'agissant des sciences et de leurs articulations au monde social, politique et économique (les régimes de savoirs). Mais, d'un autre côté, toute la question est de savoir quelles conséquences en tirer par rapport à notre problème, à savoir l'énonciation géologique et ses conditions de possibilité. Or le changement de régime de savoir vaut-il pour rupture dans cet agencement d'énonciation, et, plus encore, n'encourt-on pas le risque d'évacuer à bon compte cet « autre » historique que constitue le rapport haut-moderniste à la Terre ? A l'encontre d'un tel récit, nous voudrions ici proposer une solution de continuité, qui nous semble mieux à même de nous permettre de saisir cet héritage, il est vrai ambigu.

Cette solution de continuité ne peut néanmoins se fonder sur la négation d'une évolution dont nous avons bien souligné la réalité : évolution qui tient tout à la fois à l'organisation des savoirs, à la distribution sociale des énoncés et leur institutionnalisation, aux buts et aux types d'actions qu'ils véhiculent. Il y a donc bien une sorte de pivot autour des années 1970 attesté par l'historiographie ; toute la question est de savoir comment l'interpréter. Soit nous faisons valoir que ce moment correspond au surgissement institutionnel à la faveur de plusieurs mouvements critiques minoritaires existant auparavant, ce qui permet de rendre compte de l'existence ancienne d'alertes environnementales globales tout en soulignant la nouveauté de la forme qui se présente il y a un demi-siècle. Soit nous soulignons qu'il doit y avoir une forme de transposition dans le fait majoritaire : qu'en réalité le rapport à la Terre qui nous apparaît pathologique aujourd'hui, et qui est majoritaire dans les premières décennies de la Guerre froide, ne s'est pas purement et simplement volatilisé, que quelque chose de lui a bien été conservé et travaille notre présent, au-delà de la simple persistance matérielle des

⁹⁰⁸ Voir auraient permis l'avènement d'une rationalité environnementale enfin scientifique sur les questions globales, comme le défend D. J. FRANK, « Science, Nature, and the Globalization of the Environment, 1870-1990 », *Social Forces*, vol. 76, n° 2, Oxford University Press, 1997, p. 199.

infrastructures⁹⁰⁹.

Notre hypothèse s'inscrit dans la seconde perspective, tout en prenant soin de comprendre la première. Nous proposons de lire la séquence actuelle non pas comme s'opposant au discours de maîtrise prométhéenne du haut-modernisme, mais au contraire dans un profond rapport de continuité, qui doit cependant se lire dans la variation des discours et des agencements institutionnels et actanciels qui les portent.

Rappelons tout d'abord que la continuité entre l'avènement des techniques nucléaires et la montée de l'environnementalisme est un fait historiographique bien établi. Le péril atomique naissant avec la Seconde Guerre mondiale, mais aussi les mouvements anti-nucléaires ou abolitionnistes, ont été fondateurs, avec d'autres, pour la pensée et les mouvements écologiques durant la seconde moitié du XXe siècle. L'historien Donal Worster date ainsi du 16 juillet 1946, date de la première explosion atomique dans le désert du Nouveau Mexique, la naissance de « l'âge écologique » comme événement exhibant la capacité inédite d'une espèce à réduire à néant la vie sur Terre et finalement la fragilité de la nature unie sous de funèbres auspices⁹¹⁰. Dans une veine similaire, le philosophe Stéphane-Hicham Afeissa souligne que l'apparition de l'âge nucléaire actualise dans l'histoire la possibilité de la fin du monde, et, ce faisant, initie toute une tradition laïque de philosophie de la catastrophe, qui va de Gunther Anders à Jean-Pierre Dupuy en passant par Hans Jonas, et se donne pour objet de penser le décalage entre la portée du fait technique et nos capacités de représentation comme d'action⁹¹¹. Et cette influence ne s'effectue pas seulement sur le plan des représentations puisque le militantisme opposé aux essais nucléaires dans les années 1950 a participé à populariser autant l'attention à la qualité de l'environnement que les conséquences de l'agir technique à grande échelle⁹¹². Il faut ajouter à cela la longue persistance de la menace nucléaire dans l'imaginaire collectif, bien après le traité sur la non-prolifération des armes nucléaires entré en vigueur en 1970 (mais signé par la France et la Chine dans les années 1990 seulement). La controverse sur l'hiver nucléaire, à laquelle certains acteurs des SST, dont Crutzen, participent durant les années 1980, est une résurgence importante de ce thème.

A ce stade, il semble que nous pouvons tirer de l'arme atomique plusieurs fils de continuité. Mais, comme nous l'avons par ailleurs souligné, l'empreinte de l'atome est encore

⁹⁰⁹ Ce qui n'exclut pas en droit de laisser place aux mouvements critiques, qu'ils soient le fait de militants anti-nucléaires ou liés à la décolonisation. Y. MAHRANE *et al.*, « De la nature à la biosphère », *op. cit.*

⁹¹⁰ D. WORSTER, *Nature's Economy*, *op. cit.*

⁹¹¹ H.-S. AFEISSA, *La fin du monde et de l'humanité : essai de généalogie du discours écologique*, Paris, Presses universitaires de France, 2014, p. 40-43

⁹¹² J.-B. FRESSOZ *et al.*, *Introduction à l'histoire environnementale*, Paris, La Découverte, 2014, p. 77-100 ; J. R. MCNEILL, *The Great Acceleration*, *op. cit.*, p. 186

plus profonde dans la mesure où il se présente historiquement comme une double condition de possibilité des savoirs de la Terre : à la fois sous la forme de techniques de traçage et de chronométrie et sous la forme de conséquences pratiques offrant une prise épistémique spatiale et temporelle sur la Terre – *via* notamment la pollution radioactive, mais aussi *via* d'autres aspects comme la surveillance sismique. L'ampleur du dispositif atomique nous révèle ainsi un premier lien entre la Guerre froide et les sciences du « système Terre », mais ce lien reste pour l'instant un lien d'instauration qui porte à la fois sur les mouvements sociaux, sur les infrastructures et les techniques de connaissance, sur les imaginaires et les concepts, mobilisés par le discours environnemental global de la fin de la Guerre froide. Nous héritons de l'âge atomique au sens où il y a disparition du fait atomique, un devenir imperceptible qui conjugue invisibilité et omniprésence. Le dispositif de géo-savoir est ainsi tissé en partie du dispositif atomique, tout comme il l'est du spatial.

15.2 Sémiotisation du globe et pouvoir nosologique

Cependant, il nous semble que nous pouvons aller plus loin, interroger autrement encore le statut du rapport avec la Terre instauré dans le dispositif du géo-savoir. Comme nous l'avons vu, les années qui suivent la Seconde Guerre mondiale lient, dans ce rapport, un certain régime d'action avec un certain régime de signes. D'une part l'opérativité et l'opérationnalité, d'autre part le régime scopique global et l'archive terrestre⁹¹³.

S'agissant du régime de signes, nous pouvons admettre une certaine continuité, liée au globalisme infrastructurel, qui est un héritage direct de la Guerre froide mais constamment transformé. Même si les techniques se raffinent, les réseaux de traceurs, d'instruments satellitaires, de bouées, de carottages, ne font que s'accroître, on peut raisonnablement soutenir qu'entre l'Année géophysique internationale (1957-58) et l'IGBP ou Mission to Earth (années 1980), on assiste à une même recherche de synopticit , une même quête de référencement du temps et de la spatialité de la Terre et de ses processus, à travers de multiples techniques d'obtention, de collecte, d'archivage et d'analyse de données. De ce point de vue, l'instauration du dispositif de géo-savoir est une immense entreprise de sémiotisation de la Terre, que l'on peut considérer relativement continue *dans son principe*.

Le dispositif de géo-savoir, en se déployant, donne naissance à d'innombrables strates sémiotiques qui correspondent à tous les niveaux de construction des faits : mise en ordre des

⁹¹³ Tout cela, répétons-le, n'est pas un pur événement dans l'histoire, mais reste événement à la fois dans la singularité de ses caractères, mais aussi dans son extension.

relevés isotopiques, séquençement chronologique, fabrication de modèles numériques, multiplication des simulations, la formation d'images comme globalités partielles et totalités panoramiques, etc. Le dispositif de géo-savoir constitue un événement non parce qu'il créerait pour la première fois des traces, mais par ce qu'il en offre une nouvelle extension, les relie, les systématise et les stabilise, les regroupe sous la forme de panoramas ou d'images, les articule à des discours et des intérêts (étatiques, partisans, technoscientifiques, militants, entrepreneuriaux) – tout cela à une échelle sans précédent. C'est précisément du fait de l'hétérogénéité et de cette extension que nous pouvons bien parler de dispositif au sens foucauldien.

Ainsi, ce dernier instaure, en quelque sorte par-dessus ce qui existait déjà, une vaste archive terrestre en un double sens. D'abord comme ensemble référencé d'une multitude d'indices et de traces, y compris numériques, indexés dans des bases de données plus ou moins hétérogènes et construites comme informations⁹¹⁴. On peut alors parler de processus de sémiotisation de la Terre. Dans une approche inspirée de Ludwig Fleck⁹¹⁵, Latour décrit à partir d'une anthropologie des podologues dans la forêt de Boa Vista, la manière dont la fabrication des faits repose sur la construction de chaînes de référence, permettant de faire circuler des faits au prix d'articulations successives⁹¹⁶. Les traces et les indices ne sont pas purement donnés comme faits au sujet sachant, mais ils font partie et sont articulés au sein d'une chaîne d'opérations qui chargent, de proche en proche, « un état des choses dans un énoncé »⁹¹⁷. Ainsi, la courbe de l'évolution de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère correspond à un certain maillon dans une chaîne de références, entre la mesure ponctuelle indexée sur l'année et prise dans un repère orthonormé et, par exemple, le symbole de l'élévation de la température terrestre servant de couverture à un rapport d'une agence gouvernementale. En fonction de la traduction qui la modifie, elle peut circuler plus ou moins loin, offrant des possibilités d'énonciation nouvelles. En retirant le repère, la légende et les données numériques, on peut en effet utiliser la courbe de Keeling comme symbole du réchauffement climatique. Le processus de sémiotisation de la Terre, est moins la création de mesures dites objectives, que, précisément, la fabrication de la capacité de circuler de ces signes et la manière dont le dispositif organise leur répartition et leur traduction en fonction des arènes et des contextes dans lesquels ils sont amenés à performer les liens d'associations eux-mêmes.

⁹¹⁴ C'est tout le travail d'Edwards de les avoir analysé en tant que telles, voir P. N. EDWARDS, *A vast machine*, *op. cit.*.

⁹¹⁵ L. FLECK, *Genèse et développement d'un fait scientifique*, N. Jas (trad.), Paris, Flammarion, 2008

⁹¹⁶ B. LATOUR, « Sol amazonien et circulation de la référence », *op. cit.*

⁹¹⁷ *Ibid.*, p. 55

Ainsi, plus encore qu'il ne se distingue par l'accès à une échelle inédite, le dispositif de géo-savoir instaure des agencements d'énonciations qui forment un complexe et qui obligent à se rapporter à la Terre d'une certaine manière, configurant le dire géologique. Cependant, l'archive, comme l'a défendu Foucault, c'est aussi la « loi de ce qui peut être dit », dans la mesure où le discours environnemental global s'articule lui-même à ces chaînes de référence, tout en les traduisant. Ce faisant, il incorpore les régularités, et de ce fait la normativité, de cette archive. En effet, faire trace en matière d'environnement global, c'est toujours-déjà constituer la règle du dire environnemental, mais une règle qui reste sous-déterminante, qui laisse des marges de reprises, de redites, de redéploiement politique. L'archive est ainsi une sorte de matrice qui permet l'apparition des symptômes pour le géo-savoir, tout en participant de son instauration. Mais sa singularité, et son pouvoir, est une forme de cadrage de l'énonciation environnementale, qui semble jusqu'ici irréversible, s'accumulant par-delà le renouvellement des acteurs qui l'élabore – c'est le sens du globalisme d'Edwards.

Une manière, précisément, de se saisir de cette archive, toujours en évolution, a été la constitution conjointe d'un cadre d'interprétation nosologique et de son pendant objectif car objectivé, la pathologie du « changement global ». En effet, d'un côté les « sciences du système Terre », se sont constituées comme manière d'organiser les géo-savoirs en réponse aux bouleversements géologiques qui leur était contemporains, c'est-à-dire comme prise épistémique adéquate face à cet événement. Mais, dans le même temps, le « changement global », objet miroir, est précisément conçu comme objet du diagnostic : non pas au sens où il était préexistant, mais bien au sens où il naît conjointement au processus même qui conduit à l'avènement de ce qui doit en offrir une grille de lecture. Le diagnostic n'est ainsi pas une forme aboutie, stable, achevée d'un ensemble de savoirs et de discours, mais le processus par lequel les savoirs de la Terre se sont progressivement organisés après la Seconde Guerre mondiale et ont constitué leur objet. Le « changement global » apparaît d'autant plus comme pathologie dans le cadre d'un diagnostic que les signaux qui en dressent le portrait sont peu à peu assemblés non plus *a priori*, mais *a posteriori* d'une catégorie totalisante de « changement global » qui fonctionne comme un grand contenant dans lequel sont mis au compte de la maladie planétaire tous les signaux qui peuvent s'y rapporter et venir augmenter son degré de réalité. C'est en cela que nous avons bien affaire à un panorama, au sens latourien du terme, une manière de rassembler les signes qui s'autonomise : le mal global est une forme de totalité qui devient indifférente de son contenu.

A bien des égards, ce processus s'est approfondi dans les premières décennies du XXI^e siècle, et nous aurons l'occasion d'en analyser certains aspects au sein de la prochaine partie.

Soulignons pour le moment que la formation épistémique des « sciences du système Terre » donne lieu dès sa fondation à la définition d'une fonction géophysique qui lui est intrinsèque, au-delà des positions particulières de Lovelock. Elle établit de ce fait un registre prescriptif, qui incorpore la part active du diagnostic, dont le contenu reste souvent implicite pour laisser le champ à la justification de sa position privilégiée par rapport au reste du champ social, et donc à sa fonction politique. Ainsi, le pouvoir nosologique des sciences du « système Terre » est à la fois un pouvoir d'objectivation des maux et des normes qui les rendent possibles, et un pouvoir de poser la nécessité d'une approche curative correspondante, si ce n'est un pouvoir de définir de façon légitime cette approche.

15.3 L'agir et la Terre

Au terme de cette partie, nous avons pu mettre en évidence un double rapport de l'action vis-à-vis de la Terre dans l'avènement du géo-savoir : il s'agit d'action géologique au sens où celle-ci concerne un vaste ensemble de pratiques pour lesquelles la Terre est soit un espace de déploiement ou de mouvement, soit un espace d'application technique. Entre le moment du haut modernisme de la Guerre froide et les décennies suivantes, nous pouvons en première analyse observer la continuité de l'opérationnalité terrestre, ou géo-opérationnalité. Les besoins de connaissance sur le milieu et le déroulement des réseaux de transport ne s'arrêtant guère avec le pic pétrolier de 1973, les savoirs de la Terre servent toujours, et restent promus comme moyen d'agir dans l'atmosphère quoique cet agir soit désormais moins clairement afférent à un agir guerrier.

S'il semble clair qu'il y a continuité dans l'opérationnalité terrestre, il serait tentant de repérer la discontinuité au niveau de la géo-opérativité : les projets de modification de la Terre ou d'usage des processus géo-physiques dans un but de destruction sont en apparence largement mis de côté⁹¹⁸. Toutefois, quand bien même un tel jugement resterait suspendu à la disponibilité des sources historiques adéquates (pouvant documenter notamment les imaginaires militaires), on peut néanmoins questionner la discontinuité entre un haut modernisme polémo-démiurgique et une ère néolibérale tournée vers la gouvernementalité par des savoirs distribués. Certes, nous pouvons constater un affaiblissement des projets enthousiastes d'opérations techniques sur le globe, mais rappelons-nous d'abord la montée de la catégorie de géo-ingénierie, précisément à partir des années 1970. Elle n'est donc pas, chronologiquement parlant, une proposition haut-

⁹¹⁸ Evidemment, une telle appréciation dépend foncièrement des sources disponibles, notamment celles qui sont déclassifiées.

moderniste – et elle sera par ailleurs remobilisée dans les années 2000 et 2010, dans le contexte d’une volonté néolibérale de marchandisation de l’atmosphère⁹¹⁹. Or la géo-ingénierie est bel et bien une catégorie d’un agir géologique, dénotant une opérativité terrestre.

Mais nous pouvons aller plus loin, en suggérant que c’est presque l’ensemble des coordonnées énonciatives qui est orienté vers la géo-opérativité. En effet, comme nous l’avons vu, les « sciences du système Terre » sont dès leur fondation orientées vers l’action *sur* la planète, quoique dans un cadre qui paraisse beaucoup moins prométhéen et hubristique que celui de la géo-ingénierie. Les appels à un *management* planétaire, à une médecine prescriptive du globe, ou encore à des formes d’intendance terrestre semblent les formes dominantes des réponses au changement global. En cela, elles ne visent pas moins de maîtrise du globe, mais au contraire un accroissement de maîtrise dont l’objet est bien le global. La gestion de la planète selon Clark ou Vitousek – et plus tard certains tenants de la notion d’Anthropocène – c’est aussi, par exemple, ajuster les cycles biogéochimiques en capturant du carbone par la plantation d’arbres par le contrôle du type de couverture de surface, par la gestion active de la diversité biologique comme fonction d’utilité pour la pérennité de l’espèce humaine. Il y a action sur le globe dans la mesure où ce sont bien des processus à l’échelle planétaire sur lesquels il s’agit explicitement d’agir et ce dans une visée explicite d’une réponse globale à un problème global. Il y a maîtrise dans la mesure où cette action se doit d’être informée par des savoirs experts, où ses conséquences, et l’écart qu’elles entretiennent avec l’objectif scientifiquement défini, doivent faire l’objet d’un suivi objectif et quantifié.

Le rapport à la Terre du haut-modernisme est donc loin d’être aboli au tournant des années 1970, même s’il prend des formes qui nous semblent moins caricaturales. En réalité, nous pouvons plutôt observer, sous une discontinuité réelle, un phénomène de transposition qui rend continu le thème de la maîtrise, s’effectuant sur un fond de montée croissante de son antithèse dans la mesure où le « changement global » est de plus en plus considéré comme un mal, potentiellement existentiel. C’est dans *cet écart même, entre l’inflation de la possibilité d’une catastrophe globale et l’affirmation de la possibilité d’un maintien du pouvoir humain sur l’habitabilité terrestre, que la disposition à la maîtrise s’affirme le plus effrontément*, peut-être davantage encore que dans l’imaginaire nucléaire de terra-transformation de la Terre. En ce sens, le dire géologique dont héritent les tenants de la notion d’Anthropocène est également pris dans cette ambiguïté entre alerte environnementale globale, dénotant la limite, et imaginaire plus ou moins implicite de la maîtrise. La contradiction n’est qu’apparente car tenir un espace

⁹¹⁹ J. R. FLEMING, *Fixing the sky*, op. cit. ; P. MIROWSKI, *Never Let A Serious Crisis Go to Waste: How Neoliberalism Survived the Financial Meltdown*, London ; New York, Verso, 2014

peut signifier en contrôler les limites autant que détecter et maîtriser les débordements orientés vers un dehors.

15.4 Environnement, guerre et totalité

Enfin, il nous faut souligner pour finir un autre plan de continuité. Nous avons vu comment les savoirs de la Terre ont partie liée à un cadre de la Guerre froide, comme de très nombreux autres domaines technoscientifiques. Mais il nous semble que nous pouvons encore spécifier ce rapport. En effet, de nombreux projets de modification de la Terre ou d'usage des processus géophysiques à des fins guerrières trouvent leur origine dans la possibilité d'une troisième guerre mondiale⁹²⁰. Cette dernière peut se qualifier comme guerre totale dans la mesure où il n'y a plus en droit de limite à ce qui peut faire soit l'objet de destruction (populations civiles, surfaces nécessaires à la subsistance des populations, conditions nécessaires à la vie) ou objet d'instrumentalisation comme moyen de destruction. A ce titre, peut-être est-ce une originalité de la Guerre Froide que d'avoir géologisé la guerre, d'avoir fait entrer la Terre dans la guerre tout comme d'autres guerres y ont fait entrer l'environnement⁹²¹. Et, de ce fait, il y a déjà une globalisation de la Terre comme environnement total, pour une guerre totale. Des acteurs clés qui sont à l'origine de propositions considérées comme le patrimoine de l'imaginaire écologique global, sont également des acteurs ayant participé à l'incorporation de la Terre dans l'imaginaire de la *total war*. Dès les années 1950, les militaires, ou les *think tanks* travaillant pour eux, établissent des scénarios et prédictions de la fin du monde, y compris pour des raisons écologiques (industrialisation, surpopulation, menaces environnementales, épidémies). Ces acteurs (Jay Forrester, Kenneth Boulding, Herman Kahn, Gordon Mac Donald, Edward Teller, William Nierenberg, Thomas Schelling, parmi d'autres) participeront, entre les années 1970 et 1980 à élaborer les rapports les plus connus du grand public, comme celui du Club de Rome ou celui de SCOPE sur l'hiver nucléaire, mais aussi de multiples documents destinés à l'administration états-unienne dont le *Charney Report* (1979) et le *Global 2000 Report to the President* (1980)⁹²². Il y a ainsi en ce sens une relation fondatrice entre la violence de masse organisée et la conception de l'environnement global, comme environnement total.

⁹²⁰ Voir section 8.2

⁹²¹ F. JARRIGE et T. L. ROUX, *La Contamination du monde : Une histoire des pollutions à l'âge industriel*, *op. cit.*, p. 209-232

⁹²² J. D. HAMBLIN, *Arming mother nature*, *op. cit.*, p. 152-246 ; M. DÖRRIES, « The Politics of Atmospheric Sciences: "Nuclear Winter" and Global Climate Change », *Osiris*, vol. 26, n° 1, 1^{er} janvier 2011, p. 198-223

A ce titre, qu'il nous soit permis de conclure par une anecdote historique. Comme on le sait, la découverte du processus de destruction de l'ozone par Sherry Rowland et Mario Molina remonte aux années 1970 et s'inscrit dans le cadre de l'analyse des conséquences possibles d'une guerre atomique⁹²³. Cependant, entre « l'incertitude des modèles » et le manque d'observations, c'est seulement vers le milieu des années 1980 qu'elle devient selon Grevsmühl une « réalité globale », suite aux observations répondant à des approches très différentes d'une petite équipe britannique et de la NASA⁹²⁴. Crutzen, qui a contribué à la description des processus physico-chimiques de destruction de l'ozone dans la stratosphère, restera marqué par cette découverte et la catastrophe qu'elle laissait imaginer. Plus précisément, ainsi qu'il le souligne dans sa conférence pour le prix Nobel en 1996, c'est la contingence de la mesure (elle aurait tout à fait pu survenir bien après), mais aussi la contingence des activités humaines qui suscitent en lui un véritable effroi. L'industrie chimique aurait pu développer non pas des composés à base de chlore mais à base de brome, aux effets « cent fois plus dangereux ».

Cela soulève la pensée cauchemardesque que si l'industrie chimique avait développé des composés organobromés au lieu des CFCs – ou encore si la chimie de la chlorure avait été similaire à celle de la bromure – alors, sans aucune préparation, nous aurions alors fait face à un trou d'ozone catastrophique partout et à toutes les saisons au cours des années 1970, probablement avant que les chimistes de l'atmosphère aient développé la connaissance nécessaire à l'identification du problème et les techniques appropriées aux mesures cruciales. Observant que personne n'avait pris la peine de réfléchir aux émissions de Cl et de Br avant 1974, je ne peux que conclure que l'humanité a été extrêmement chanceuse que l'activation du chlore ne soit possible sur sous certaines conditions très précises. Cela montre que nous devons toujours être sur nos gardes au sujet des conséquences potentielles de la dissémination de nouveaux produits dans l'environnement⁹²⁵.

Mais, ce que Crutzen n'a pas envisagé est peut-être encore plus vertigineux. Dans les années 1960, le météorologue Harry Wexler, qui fut notamment à la tête de la mission états-unienne en Antarctique dans le cadre de l'Année géophysique internationale et promoteur du World Weather Watch, cherche à concevoir une arme de destruction massive qui aurait pour principe la destruction de l'ozone atmosphérique. Avec l'aide d'un collègue chimiste de Caltech, Oliver Wulf, il en vient à conclure que le chlore ou le brome sont tous deux des éléments de choix. L'historien Roger Fleming, qui a pu consulter ses archives, a ainsi révélé que Wexler avait estimé qu'une bombe de 100 kilotonnes à base de brome détruirait la totalité

⁹²³ M. J. MOLINA et F. S. ROWLAND, « Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine Atom-Catalysed Destruction of Ozone », *Nature*, vol. 249, n° 5460, juin 1974, p. 810-812

⁹²⁴ S. GREVSMÜHL, *La terre vue d'en haut : l'invention de l'environnement global*, op. cit., p. 274-279

⁹²⁵ P. J. CRUTZEN, « My Life with O₃, NO_x, and Other YZO_x Compounds (Nobel Lecture) », *Angewandte Chemie International Edition in English*, vol. 35, n° 16, 6 septembre 1996, p. 214

de l'ozone aux pôles, le quadruple serait nécessaire à l'équateur. Wexler, qui notait certaines de ses conversations téléphoniques, montre qu'il avait déjà lié la guerre environnementale avec « les émissions provenant du carburant des fusées, des réactions chimiques détruisant l'ozone déclenchées par le brome ou le chlore comme catalyseurs, [...] et une estimation montrant qu'une quantité minuscule de brome pourrait occasionner d'immenses dommages⁹²⁶. » La documentation de l'âge nucléaire montre à quel point celui-ci se caractérise par la catastrophe : non pas seulement celle, actuelle, des sites de production d'énergies et de leurs déchets ; non pas seulement celle, virtuelle, des imaginaires guerriers où l'arme atomique est arme de massacre ; mais aussi celle qui se trouve à la frontière de l'actuel et du virtuel, celle qui est à la crête de l'*in extremis*, et qui fait que nous en héritons sur le mode de rescapés de catastrophes quasi-advenues, mais absentes, comme autant de points de bascule heureusement manqués⁹²⁷. Mais peut-être ne mesurons-nous pas encore à quel point nous sommes aussi des rescapés d'autres catastrophes, cette fois géologiques.

Dans leurs œuvres respectives, Anders et Jonas ont tous deux thématiqué l'écart entre les conséquences de l'agir technique des sociétés industrielles, en particulier après Hiroshima et Nagasaki, et nos facultés de perception, d'imagination et de savoir – trop faibles pour en saisir la portée. Ce décalage impliquait pour eux une certaine attitude par rapport à la catastrophe : apprendre à vivre dans le temps de la fin et exercer son imagination au pire pour le premier ; développer une heuristique de la peur anticipant sur un futur que l'usage nécessaire des sciences ne pouvait seulement qu'esquisser, s'agissant du second⁹²⁸. Ce que l'historiographie autant que les apocalypses quasi-actualisées révèlent, c'est qu'il est possible que ces deux auteurs, glissés par convention dans leur étui de catastrophistes, n'aient au fond pas exagéré, mais peut-être *sous-estimé* notre condition : n'avoir pas vu, *ou pas pu voir*, à quel point il y a un investissement positif de catastrophe, un catastrophisme actif, conscient à lui-même et pour lequel la destruction à grande échelle est objet et source de savoir, devenant peut-être manière de gouverner. Si la joie est augmentation de puissance, alors nous pouvons doublement parler d'apocalypse joyeuse.

⁹²⁶ J. R. FLEMING, *Fixing the sky*, op. cit., p. 221

⁹²⁷ C'est le sens de ces accidents non advenus, par contraste avec la philosophie du *command and control*, que met en relief E. SCHLOSSER, *Command and Control: Nuclear Weapons, the Damascus Accident, and the Illusion of Safety*, New York, Penguin Books, 2014.

⁹²⁸ G. ANDERS, *L'obsolescence de l'homme : Sur l'âme à l'époque de la deuxième révolution industrielle*, C. David (trad.), Paris, Editions de l'Encyclopédie des Nuisances, 2002 ; H. JONAS, *Le Principe responsabilité : une éthique pour la civilisation technologique*, Paris, Les Éditions du Cerf, 1995

Troisième partie :

Dire l'événement géologique

(2000-2018)

*Le diagnostic ainsi entendu n'établit pas le constat de notre identité par le jeu des distinctions. Il établit que nous sommes différence, que notre raison c'est la différence des discours, notre histoire la différence des temps, notre moi la différence des masques. Que la différence, loin d'être origine oubliée et recouverte, c'est cette dispersion que nous sommes et que nous faisons*⁹²⁹.

— Michel Foucault, 1969

*La progressivité d'un avènement n'exclut pas l'originalité d'un événement*⁹³⁰.

— Georges Canguilhem, 1943

⁹²⁹ M. FOUCAULT, *L'Archéologie du savoir*, op. cit., p. 180

⁹³⁰ G. CANGUILHEM, *Le Normal et le Pathologique*, Paris, Presses Universitaires de France, 1999, p. 49

Introduction de la troisième partie

*Nous n'avons pas à rechercher d'où provient l'idée mais où elle conduit*⁹³¹.

— William James, 1897

16.1 Trajectoire collective d'énonciation

Au cours des deux parties précédentes, nous avons mis en évidence deux plans d'historicité. En premier lieu, le dire géologique concernant l'humanité est historiquement profond. Les sciences modernes de la Terre ont toujours inclus des énoncés sur la dimension géologique de l'action humaine, que cela soit désigné par un terme dédié ou non. Cette dimension peut s'entendre de deux manières : soit comme aspect, soit comme mesure de l'action humaine. Or, c'est bien aussi au second sens que l'action humaine a été thématifiée : une action à la mesure de la Terre, toujours comprise depuis les savoirs de l'époque. Ainsi, l'Anthropozoïque est-il un événement de la géo-histoire dans la mesure où cette histoire est étroitement liée à celle de la vie. L'influence climatique de l'humanité n'est longtemps pensable que dans la mesure où sont connectés, à l'échelle du globe, le cycle de l'eau et la couverture forestière. Dans de nombreux cas, il existe une réflexivité environnementale globale qui, nous semble-t-il, existe positivement et pleinement et que nous devons prendre en charge comme un donné majoritaire de l'histoire des savoirs modernes de la Terre. Non pas au sens où nous aurions là un ensemble de discours qui occuperaient un espace quantitativement supérieur à la plupart des autres problèmes ou thèmes. En effet, une partie des énoncés que nous avons

⁹³¹ W. JAMES, « La volonté de croire », *op. cit.*, p. 52

analysés apparaissent à première vue comme anecdotiques. Mais ils forment un donné majoritaire au sens où *nous avons là affaire à un fait historique incontournable* lorsque nous interrogeons le statut d'une conscience géologique. Nous ne pouvons plus faire *comme si* nous n'avions jamais pensé sérieusement un agir global de l'humanité ; il s'agit plutôt de comprendre le présent à *partir* de l'existence de cette réflexivité au cours de l'histoire.

Par suite, prendre au sérieux le dire géologique moderne, c'est alors tenter de comprendre non plus comment la notion d'Anthropocène relève en elle-même d'un événement sur le mode de la nouveauté, mais comment elle correspond à une forme de retour, comment elle est un *événement en tant que retour*. D'où la nécessité de saisir les conditions d'énonciation du dire géologique propres à ce retour, ce qui fut l'objet de la seconde partie. Ces conditions doivent être comprises à la fois comme ce qui rend possible tout énoncé, mais aussi comme milieu, comme réseau d'énoncés et donc en même temps de technologies intellectuelles, d'institutions, de techniques de mesure, etc., bref d'un dispositif pleinement matériel permettant aux énoncés géologiques de collecter les actants pertinents au sein des collectifs idoines⁹³². L'analyse de ce dispositif fait apparaître une forme d'explicitation originale de la Terre comme objet de savoir, qui constitue le pouvoir qu'a la répétition de faire événement. Dans le dispositif de géo-savoir qui se réticule considérablement avec la Guerre froide, la Terre est déjà pensée à la fois comme objet et milieu d'un agir de puissance dans un espace total – et cet agir, semble-t-il, y est par la suite comme transposé dans les coordonnées du diagnostic correspondant au discours sur le changement global. C'est comme si nous avions toujours été anthropocéniques, comme s'il y avait eu, aux racines mêmes de ce qui est parfois nommé la « conscience environnementale » de masse, une positivité de l'action géologique humaine, d'abord comme *prétention politique*.

Ainsi, c'est parce que nous partons de l'ampleur de l'énonciation géologique dans l'histoire des sciences modernes que nous pouvons espérer prendre au sérieux l'énoncé « Anthropocène » comme événement. D'abord parce que cela nous indique ce en quoi cet énoncé n'est pas un événement : ce n'est pas la première fois que l'on dit ou que l'on sait qu'il y a une action géologiquement significative sur la Terre, pas plus que cela n'est la première fois, dans les sciences contemporaines, que l'idée de l'influence humaine se mesure à l'échelle du globe. Pris en tant que tel, l'énoncé « Anthropocène » ne révèle rien de ce seul point de vue, et il nous faut saisir son caractère événementiel ailleurs.

⁹³² On pourrait parler de condition de « collectance » des énoncés, comme conditions qui leur permettent de performer le social avec félicité. B. LATOUR, *Changer de société, refaire de la sociologie, op. cit.*, p. 333-335. Sur la discussion des énoncés chez Foucault, voir notre introduction.

D'après l'analyse que nous avons jusqu'ici menée, on pourrait objecter que les cartes sont jouées par avance et que, par construction, il ne peut y avoir d'événement « Anthropocène », c'est-à-dire d'événement *constitué de* cet énoncé. Si nous recourons à la stratification des temporalités, l'événement qui se présentait au départ comme notre objet ne devient-il pas un simple *effet* de structures plus profondes et, en ce sens, reste-t-il un événement ? N'est-il pas qu'un visage de sable que la mer pourra effacer ? Cependant, cette dualité entre structure et événement n'est pas nécessairement pertinente dans la mesure où la singularité d'un événement peut précisément être appréciée parce qu'on a restitué les différentes temporalités auxquelles il se trouve accroché, et parce qu'il y a événement dans ce que nous prenons pour le local-événement et le global-structurel⁹³³. Autrement dit, considérer *l'acte d'énonciation comme événement*, et non plus seulement l'énoncé comme élément stable et délimité de langage, c'est tenter de saisir comment une série constituée par de multiples temporalités se réagence ou instaure ses propres agencements. L'événement qu'il s'agit de décrire ne se rattache donc pas à une rupture dans un temps linéaire, mais s'effectue selon des logiques multiples, dont certaines apparaissent au premier abord moins remarquables. Comme nous l'avons suggéré dans l'introduction générale, il s'agit de ne la saisir ni à partir de critères de scientificité, ni comme fait stabilisé, mais comme un processus collectif engageant une multiplicité d'acteurs et d'actants, ce que nous pouvons nommer une *trajectoire collective d'énonciation*.

16.2 Des balivernes comme concepts

La notion d'Anthropocène doit être comprise à la fois comme un terme produit et utilisé dans la littérature scientifique, mais aussi comme un certain mode d'alerte environnementale, comme une trame narrative d'un événement géologique et historique dont nous sommes les contemporains, comme un *buzzword* produisant des déplacements intéressants, comme un lieu de controverses et de transactions entre communautés disciplinaires. Son originalité est peut-être de réunir toutes ces composantes à la fois, et d'avoir dès l'origine lié ces différents registres de telle sorte à entretenir un trouble entre le sérieux et le dérisoire, entre l'effet de mode et l'énoncé fondamental, entre le fait et la fiction, entre la répétition et la révélation.

Prendre au sérieux la notion d'Anthropocène et son élaboration, c'est ainsi prendre au

⁹³³ C'est le sens qu'on peut donner au propos de Ricoeur dans P. RICŒUR, « Le retour de l'Événement », *Mélanges de l'école française de Rome*, vol. 104, n° 1, 1992, p. 29-35.

sérieux l'impureté d'un discours. Pour ces raisons, il y a quelque difficulté face à cet objet qui semble se soustraire à l'analyse habituelle des énoncés scientifiques : non seulement ce qui est intéressant n'est pas de savoir si la notion d'Anthropocène relève bien de la science ou non, mais, surtout, cela nous semble impossible du fait de son actualité même. En revanche, il nous paraît légitime de nous interroger sur le statut de son énonciation, ne serait-ce que parce que son échelle pose problème. En effet, il ne s'agit ni discours en tant que tel, car trop restreint, ni d'un concept scientifique au sens d'un énoncé normé comme vrai par une discipline et dont on pourrait analyser la dynamique d'invention. En des termes plus prosaïques, on ne peut attendre de la notion d'Anthropocène qu'elle se rapporte à de la science réputée sérieuse.

On peut aborder cette difficulté en remarquant que la notion d'Anthropocène, et le discours auquel elle participe, se rapprochent de ce que Bruno Latour a qualifié de « globalivernes ». Dans la partie précédente, nous avons distingué ce qui relève de *panoramas* et des *oligoptiques*⁹³⁴ ; les premiers véhiculant le sentiment d'atteindre l'entière totalité de ce qui est représenté, les second explicitant la partialité d'une totalité représentée. Ces deux notions, proposées dans *Changer de société, refaire de la sociologie* sont rethématisées une décennie plus tard à travers la critique du global dans le discours sur l'Anthropocène, et surtout l'image du globe qu'il véhicule, dans *Face à Gaïa*⁹³⁵. Latour cherche alors à caractériser quelque chose de plus large en s'inspirant des *Sphères* de Sloterdijk⁹³⁶.

Si, en principe, le « global » correspond au premier plan à l'oligoptique, en tant qu'« adjectif qui peut, certes, décrire la forme d'un engin local susceptible d'être inspecté par un groupe d'humains qui le regardent, mais jamais le monde lui-même dans lequel tout est censé être inclus », en revanche, une part importante des discours sur le « global » procède précisément de la sorte, dans leur prétention à se rapporter à la totalité sphérique des conditions d'existence humaines. En effet, dans la plupart des cas, peu d'attention est fixée à restituer les instruments, les réseaux, les institutions mais aussi les limites et les partialités de ce qui est nommé comme global. Le discours du global ne repose guère sur une « analyse attentive d'un modèle réduit » donc « ce n'est jamais qu'un tissu de globalivernes »⁹³⁷. L'aspect affabulateur des globalivernes tient ainsi à ce qu'elles sont non seulement déconnectées de leur milieu de construction tout en prétendant parler d'un tout, mais également qu'elles sont les briques à partir desquelles se construit tout un réseau d'énoncés se voulant englobants mais de moins en moins

⁹³⁴ Voir à ce sujet le chapitre 9, en particulier la section 9.2.

⁹³⁵ B. LATOUR, *Face à Gaïa: huit conférences sur le nouveau régime climatique*, Paris, La Découverte, coll. « Les Empêcheurs de penser en rond », 2015

⁹³⁶ Voir la quatrième conférence dans *Ibid.*, p. 147-192.

⁹³⁷ *Ibid.*, p. 172

connectés ou associés aux réseaux constituant le monde. Cela présuppose également la disjonction de l'expérimentation même du monde qui serait apte à fournir du sens aux énoncés sur le globe :

La notion de globe et de pensée globale contient l'immense danger d'unifier trop vite ce qui doit être d'abord *composé*. Ce problème est d'abord matériel – il faut dessiner un cercle avant d'être capable de générer une sphère. Il est aussi empirique – c'est seulement parce que le bateau de Magellan est revenu que ses contemporains ont pu fixer dans leur esprit l'image d'une terre sphérique qu'ils connaissaient déjà. Mais il est également moral – c'est seulement quand vous sentez que votre action vous retombe dessus que vous comprenez à quel point vous en êtes *responsable*. [...]. Ou, plutôt, cette rotondité de la Terre connue de la plus haute Antiquité – mais chaque fois superficiellement connue – prend de plus en plus de vraisemblance au fur et à mesure que le nombre de cercles par lesquels on peut lentement la circonscrire augmente. Ainsi la boucle qui est nécessaire pour dessiner toute sphère est pragmatique au sens de John Dewey : vous devez sentir les conséquences de votre action avant d'être capable de vous représenter ce que vous avez vraiment fait et pris conscience de la teneur du monde qui lui a résisté⁹³⁸.

D'où le risque que le discours du global occulte « la difficulté de mettre en place les réseaux d'équipement par lesquels on rendrait les conséquences des actions visibles à toutes les puissances d'agir⁹³⁹. » Or, comme l'a souligné abondamment la partie précédente, le discours des SST véhicule largement non seulement le terme de « global » mais de nombreux énoncés se rapportant à un pouvoir de connaissance du « global » comme totalité, voire un pouvoir d'agir sur le « global ». Cet aspect peut sembler d'autant plus problématique qu'une partie importante des textes que nous nous apprêtons à analyser dans cette partie relèvent de ce registre de la *globaliverne* dans la mesure où, comme le verrons, le destin de la notion d'Anthropocène a partie liée avec le discours public des SST. Si nous voulions n'enregistrer que des discours qui ne soient pas de cette facture, ou si nous voulions montrer de quelle manière ces discours ne sont que des mobilisations de notions de moins en moins connectées au monde, alors nôtre approche s'approcherait d'une épistémologie normative – équipée non plus d'une norme de vérité, mais d'une norme de l'acteur-réseau –, et alors nous passerions sans doute à côté d'un pan important de l'histoire de cette catégorie.

La notion d'Anthropocène doit beaucoup au discours global, qui, malgré ses limites et ses dangers, nous semble mériter une véritable attention. En effet, s'il est déconnecté des associations qui le rendent possible et s'il procure parfois le sentiment indu d'atteindre ce qui serait véritablement *englobant*, il n'en reste pas moins qu'il produit plusieurs effets dont les

⁹³⁸ *Ibid.*, p. 183

⁹³⁹ *Ibid.*, p. 186. Une telle remarque suffit à montrer à quel point Latour reste loin du relativisme épistémologique qui a pu lui être attribué.

enjeux ne sont pas les moindres. D'abord, du fait qu'il émane dans notre cas d'institutions légitimes de la science internationale, il a le pouvoir de normer la manière dont se posent les problèmes environnementaux dans la sphère publique et, dans une certaine mesure également, dans la sphère scientifique. En outre, ces enjeux sont importants parce que, tout comme les *buzzwords*, il peut créer des effets intéressants : dans notre cas, il n'y aurait probablement pas eu de terme « Anthropocène » sans les *globalivernes* de l'IGBP et du champ des sciences du « système Terre ».

Nous supposons donc qu'il existe une spécificité du *niveau du dire* qui se trouve entre la science normée et normante, reliée à ses réseaux et ses chaînes d'expérience, et, d'autre part le discours comme ensemble non restreint, excepté selon une topique déterminée. La notion d'Anthropocène relève bien d'un concept, au sens faible qu'en donne Canguilhem, au sujet du concept de réflexe : « En parlant de « concept », nous entendons, selon l'usage, une dénomination (*motus reflexus, reflexio*) et une définition, autrement dit un nom chargé d'un sens, capable de remplir une fonction de discrimination dans l'interprétation de certaines observations ou expériences relatives aux mouvements d'organismes à l'état normal ou pathologique⁹⁴⁰. » Un concept, c'est un nom et une définition, étant entendu que pour Canguilhem, c'est véritablement dans l'espace d'application du concept que l'on peut déterminer son sens⁹⁴¹. Si c'est bien dans le contexte d'une pratique donnée, dans laquelle nom et définition peuvent être amenés à évoluer en fonction des épreuves auxquelles ils sont soumis, que le concept trouve sa signification alors notre objet apparaît d'abord comme relevant de *globalivernes conceptuelles*. Nous soulignons cet aspect afin de clarifier le projet et le mode d'investigation de cette partie, qui se distingue des deux précédentes. En effet, nous nous attacherons à la fois à traiter conceptuellement la notion d'Anthropocène et à en analyser les ressorts socio-historiques, afin d'éclairer sa genèse. Ainsi, on peut conférer à la notion d'Anthropocène un statut de « concept », un statut sous-déterminé comme le propose Canguilhem, mais à partir d'une approche de l'activité et du discours scientifique qui ne soit pas normative.

⁹⁴⁰ G. CANGUILHEM, « Le concept de réflexe au XIXe siècle », dans *Études d'histoire et de philosophie des sciences*, 4^e éd., Paris, Vrin, coll. « Problèmes et controverses », 1979, p. 295, cité dans F. TAYLAN, *Concepts et rationalités : Héritages de l'épistémologie historique, de Meyerson à Foucault*, Paris, Editions Matériologiques, 2018, p. 64

⁹⁴¹ F. TAYLAN, *Concepts et rationalités, op. cit.*, p. 64-68

16.3 Cadrer l'enquête

Cette partie prend au sérieux l'énonciation de la notion d'Anthropocène comme *événement* en la décrivant comme une *expérience collective* au rebords *a priori* indéfinis. On adopte ainsi le principe pragmatique selon lequel « les choses – toute chose, chaque chose, au sens ordinaire ou non technique du mot « chose » – sont telles qu'elles sont expérimentées »⁹⁴². Pour savoir ce qu'est l'Anthropocène, demandez au géologue, au biogéochimiste, à l'hydrologue, au géographe, au climatologue, au philosophe, au sociologue, à l'anthropologue... regardez ce qui se trame dans leur travail d'inscription, de retranscription, de traduction collective, vous verrez ce qui s'énonce.

L'enjeu est de déplier l'énonciation de la notion d'Anthropocène dans sa propre temporalité. Cette trajectoire sera ici cadrée chronologiquement entre la première énonciation de la notion d'Anthropocène en 2000 et le vote collectif au sujet du *golden spike* pour l'Anthropocène en 2018. D'une certaine manière, cette dernière borne a quelque chose d'arbitraire puisque le processus d'écriture de la notion d'Anthropocène et d'administration de la preuve afférent se poursuivent encore. Nous ne sommes pas encore sortis de cet événement, et on pourrait en outre ajouter que cette énonciation sera appelée à changer aussi longtemps que l'action humaine sur le globe restera un problème pour les collectifs humains.

Il nous faut encore préciser la manière dont cette trajectoire collective d'énonciation va être décrite. Son analyse ne peut pas s'appuyer sur un étalon préexistant, et doit faire au contraire apparaître les déplacements successifs de la manière dont les acteurs la redéfinissent. Pour limiter le champ d'enquête et pour cadrer l'enquête sur un objet suffisamment consistant, nous articulons notre analyse autour des publications *définitoires* de la notion d'Anthropocène, c'est-à-dire de *textes ayant pour objet principal de la définir* en lui attribuant un contenu déterminé. Ce sont ces textes qui serviront de fil conducteur car il nous fournissent les acteurs principaux de la trajectoire que nous allons décrire. En effet, la notion d'Anthropocène est, dans le cadre temporel de cette troisième partie, une affaire d'écriture dans le contexte des publications scientifiques. Néanmoins, ce travail d'écriture implique également d'autres acteurs impliqués dans des controverses participant à l'élaboration de la notion, mais aussi provenant d'autres arènes de l'activité scientifique : principalement arènes d'échange (colloques, séminaires, symposium, etc.) et de publicisation (articles de presse, discours public,

⁹⁴² J. DEWEY, « Le postulat de l'empirisme immédiat », S. Madelrieux (trad.), *Critique*, n° 787, 28 décembre 2012, p. 1014-1025. Nous acceptons le verbe « expérimenter » en lieu et place de « faire l'expérience de ».

communication scientifique, etc.). Ainsi, le dépliage de la trajectoire collective d'énonciation nous permet de rendre compte de l'événement que constitue la notion d'Anthropocène comme processus inachevé pour lequel on ne cherche pas *a priori* de forme stabilisée, s'échafaudant via des aller-retours entre intérieur (textes définitoires) et arènes de transaction et de publicisation de la vie scientifique. On peut dire que nous décrivons un processus que Latour nomme la « vascularisation », à savoir un processus engageant quatre boucles correspondant aux alliances, à la représentation publique, à la construction de l'autonomie des énoncés, à la mobilisation du monde par des réseaux matériels. Ces quatre boucles s'articulent autour d'une cinquième, qui correspond aux articulations effectuées dans l'énonciation des concepts scientifiques⁹⁴³.

Au cours de la partie présente, nous adoptons une trame semi-chronologique, prenant le temps d'ordonner les principales controverses et alliances entre acteurs, ce qui nous permet de décrire finement le processus d'énonciation de l'Anthropocène. Ce dernier s'articule fortement à un processus d'écriture collective ce pourquoi nous entrons précisément dans les textes afin d'analyser la manière dont ils agencent leurs signes et leur trame narrative, dont ils mobilisent leurs preuves et dont ils définissent leurs positions épistémiques et politiques. Après avoir rendu compte de la manière dont le concept d'Anthropocène s'élabore dans les SST en trois chapitres, nous analysons la dynamique qui préside à la prise en compte de celui-ci dans la géologie ainsi que les enjeux épistémiques qui s'y rattachent. Enfin, nous proposons de mettre en relief les éléments alors mis en lumière, en montrant comment le concept d'Anthropocène peut se rapporter à une certaine manière d'agir sur la Terre, décelable dans des concepts qui sont développés au voisinage de celui-ci.

⁹⁴³ Voir le modèle proposé par Latour dans B. LATOUR, « Joliot et la vascularisation des faits », D. Gille (trad.), dans *L'Espoir de Pandore : Pour une version réaliste de l'activité scientifique*, Paris, La Découverte, 2007, p. 103

Premières énonciations

[...] lorsqu'un énoncé est rapidement emprunté, utilisé et réutilisé, on en arrive vite au stade où il ne fait l'objet de contestations. Au milieu de ce mouvement brownien, un fait a été constitué. Cet événement est relativement rare ; mais lorsqu'il se produit, l'énoncé s'intègre au fonds de l'acquis scientifique, disparaissant silencieusement des préoccupations de l'activité quotidienne des chercheurs. Le fait est incorporé aux manuels universitaires ou devient parfois l'ossature d'un appareil nouveau⁹⁴⁴.

— Latour et Woolgar, 1996

Le terme « Anthropocène » est utilisé de manière informelle, dès les années 1980, par certains spécialistes des sciences de la Terre et l'on sait que son premier énonciateur fut feu Eugene Stoermer, professeur de biologie à l'Université du Michigan et chercheur en microbiologie. Ce dernier rapporte que Paul Crutzen, géochimiste et prix Nobel de chimie pour ses travaux sur le trou de la couche d'ozone, le contacta à la fin des années 1990 afin de publier un article à ce sujet, et ainsi d'en proposer formellement l'idée⁹⁴⁵. Lors d'un colloque de l'IGBP, programme central dans le champ des sciences du « système Terre » (SST)⁹⁴⁶, à Cuernavaca au Mexique en février 2000, Paul Crutzen se serait prononcé de façon spectaculaire devant ses

⁹⁴⁴ B. LATOUR et S. WOOLGAR, *La vie de laboratoire : La production des faits scientifiques*, op. cit., p. 87

⁹⁴⁵ Jacques Grinevald retranscrit un courriel reçu de Stoermer : « *I began using the term « Anthropocene » in the 1980's, but never formalized it until Paul contacted me.* » J. GRINEVALD, *La biosphère de l'Anthropocène : climat et pétrole, la double menace : repères transdisciplinaires (1824-2007)*, Genève, Georg, 2007, p. 243

⁹⁴⁶ Voir la partie 2

collègues en faveur du terme « Anthropocène ». Will Steffen, alors coordinateur de l'IGBP, raconte cet épisode en ces termes :

Lorsque le projet Past Global Changes (PAGES) était en train de soumettre ses comptes rendus pour le livre de synthèse, [les rapporteurs du projet] mentionnèrent à plusieurs reprises l'Holocène, l'époque actuelle de l'histoire de la Terre. Paul Crutzen, un des Vice-présidents du Programme, de plus en plus agité par ces mentions, finit par laisser échapper que nous n'étions plus dans l'Holocène et, cherchant ses mots un instant, s'exclama : « Nous sommes désormais dans l'Anthropocène ! »⁹⁴⁷.

Il est difficile, et sans doute peu fécond, de déterminer clairement à qui des deux chercheurs l'on doit attribuer le concept. Selon Steffen, ce n'est qu'en souhaitant rédiger un article exposant l'idée d'Anthropocène que Crutzen découvrit un texte, daté de 1996, dans lequel Stoermer y faisait mention – quoique lui-même ne s'en souvint guère⁹⁴⁸. De son côté, ce dernier rapporte que s'il utilisait bien le terme « Anthropocène » dans les années 1980, ce n'est qu'avec Crutzen qu'il entreprit de le formaliser⁹⁴⁹.

En mai 2000, lorsque paraît le numéro du journal de l'IGBP, *Global change Newsletter*, qui fait mention du colloque de février en soulignant son importance parce que la « force et la maturité » de l'IGBP y avaient été unanimement reconnues⁹⁵⁰, on trouve à l'antépénultième page un petit article sobrement intitulé « *The « Anthropocene »* » signé par Crutzen et Stoermer. Il s'agit de la première mention écrite et publiée du terme « Anthropocène ». Il faut nous arrêter sur cette première proposition parce que le texte va nous servir lui-même de gabarit d'analyse. Il s'agit non pas d'y voir un étalon à partir duquel nous pourrions juger si un texte est bien « anthropocénique » ou pas, mais de s'en servir comme un traceur des traductions successives de l'énoncé « Anthropocène » permettant de décrire sa construction progressive. Après une lecture détaillée du texte qui mettra en évidence les multiples actants qu'il convoque, et la façon dont ils sont articulés, nous nous intéresserons au

⁹⁴⁷ Cette histoire est racontée par Will Steffen, acteur important des sciences du système Terre. Voir l'article du blog du programme de recherche « Future Earth » : <http://www.futureearth.org/blog/2015-dec-14/evolution-earth-system-science>. « *When the Past Global Changes project (PAGES) was submitting its reports for the synthesis book, they repeatedly referenced the Holocene, the current epoch in Earth history. Paul Crutzen, a Vice-Chair of the Programme, was becoming agitated by this commentary, and finally blurted out that we weren't in the Holocene any more and, struggling for words for a moment, exclaimed "We are now in the Anthropocene!"* »

⁹⁴⁸ W. STEFFEN, « Entretien avec W. Steffen », *op. cit.*. Toutefois, il n'a guère été possible de se procurer ce document.

⁹⁴⁹ Jacques Grinevald retranscrit un courriel reçu de Stoermer : « *I began using the term « Anthropocene » in the 1980's, but never formalized it until Paul contacted me.* » J. GRINEVALD, *La biosphère de l'Anthropocène*, *op. cit.*, p. 243

⁹⁵⁰ B. I. MOORE, « Sustaining Earth's Life Support Systems – the Challenge for the Next Decade and Beyond », *op. cit.*, p. 1

parcours de cet énoncé dans une communauté de recherche dont il est issu, notamment les sciences du « système Terre », et plus particulièrement dans les publications liées à certains programmes de recherche internationaux touchant à l'étude des processus biogéochimiques globaux. Dans le même temps, nous nous pencherons sur les élaborations et traductions opérées par deux acteurs de cette communauté qui ont principalement porté ce terme et proposé des définitions explicites. Il s'agit de Paul Crutzen, praticien chevronné de la chimie atmosphérique et scientifique d'envergure des sciences environnementales de la fin du XXe siècle, connu pour la réception de son prix Nobel pour ses travaux sur la destruction de l'ozone stratosphérique. L'autre acteur est Will Steffen, administrateur australien de la recherche internationale et conseiller sur les questions environnementales. Chimiste de formation, il occupe durant les années 1990 un poste de directeur de projet au sein du GCTE (Global Change and Terrestrial Ecosystems), puis est recruté en tant que dirigeant de l'IGBP en 1998⁹⁵¹. En nous intéressant à ces deux acteurs, nous tenterons de pluraliser les confections possibles des notions d'Anthropocène au sein même des SST mais également de rendre compte des ponts disciplinaires qu'ils ont activement construit par ces acteurs, notamment vers des communautés de la géologie et de l'histoire, et, de manière plus générale, les SHS.

17.1 Le texte de Global Change IGBP Newsletter (2000)

Le texte se déroule en cinq étapes distinctes : (i) les précurseurs ; (ii) le panorama ; (iii) la nouvelle époque ; (iv) le commencement ; (v) l'enjeu. La première partie est configurée autour de deux cadres d'énonciation : à la fois l'histoire de la Terre et l'histoire des idées scientifiques. Le terme d'« Holocène » est introduit dès la première phrase avec un rappel de son origine supposée⁹⁵² et de sa commune adoption, mais la seconde phrase embraye, sans médiateur explicite, vers l'histoire de l'agir humain : « Durant l'Holocène l'activité humaine s'est graduellement transformée en une force géologique et morphologique considérable [...] », pour ensuite noter que « cela a été reconnu de bonne heure par nombre de scientifiques⁹⁵³ ». La suite offre toutefois des surprises, puisque l'énonciation se réinsère dans l'histoire des idées *via* un opérateur logique : « Par conséquent [*thus*], G.P. Marsh avait déjà publié en 1864 un livre intitulé *Man and Nature* [...] » Stoppani est ensuite évoqué comme autre exemple du XIXe siècle relatant l'influence géologique de l'humanité, et le paragraphe revient à l'histoire de la

⁹⁵¹ W. STEFFEN, « Entretien avec W. Steffen », *op. cit.*

⁹⁵² Les auteurs attribuent de manière erronée cette origine à Lyell.

⁹⁵³ P. J. CRUTZEN et E. STOERMER, « The Anthropocene », *op. cit.*, p. 17

relation humanité-Terre, cette fois-ci actuelle : « L'humanité a maintenant habité ou visité presque tous les lieux de la Terre ; elle a même foulé la Lune. » L'énonciation débraye encore et pour terminer sa rapide histoire des idées en ajoutant trois visionnaires : Vladimir Vernadsky, Edouard Le Roy et Pierre Teilhard de Chardin et leur concept de Noosphère, qui marquerait le pouvoir grandissant de l'humanité à façonner son futur et son environnement.

La façon dont est échafaudé le texte est plus compliquée que la simple évocation de précurseurs⁹⁵⁴. D'une part, à aucun moment les auteurs ne prétendent faire un rappel des précurseurs, d'autre part le texte articule l'histoire des idées et l'évolution de l'influence humaine sur l'histoire de la Terre, réalisant ainsi un va-et-vient entre ces deux cadres d'énonciation très différents, sans pour autant l'indiquer formellement. Par conséquent, le propos se construit de telle sorte à se constituer comme une histoire générale enveloppant, sur le plan de l'énonciation, les deux autres ; en d'autres termes, il s'agit d'un petit récit de la montée de l'influence humaine sur le globe terrestre, montée toujours-déjà réflexive pour les géologues modernes ; ce qui ne manque pas de surprendre, puisque les auteurs semblent de ce point de vue réflexifs quant à leur histoire puisqu'ils se réclament explicitement d'un héritage historique – quand bien même cet héritage est narré comme une suite d'analyses quasi-prémonitoires. De plus, de façon tout à fait remarquable, ce bref rappel historique sur l'Holocène ne mobilise guère les savoirs historiques de la terre, comme l'évolution de concentrations de gaz à effet serre par exemple, mais plutôt des médiateurs humains, qui sont par conséquent doublement témoins : à la fois de l'évolution de l'importance géologique de l'activité humaine et de la connaissance scientifique et théorique de ce fait.

La seconde séquence s'ouvre sur un dernier embrayage qui nous mène vers le diagnostic (ii), figure relativement classique du discours environnemental mais qui, nous l'avons analysé dans la partie précédente, s'insère dans l'agencement d'énonciation de l'environnement global. Le diagnostic est introduit avec une phrase générale constatant l'énormité de « l'expansion de l'humanité », en nombre et en termes « d'exploitation des ressources de la Terre ». C'est ensuite une longue suite de facteurs d'observation qui sont énoncés, comme autant de signaux participant à l'établissement du diagnostic anthropocénique : population mondiale ; bétail ; urbanisation ; combustibles fossiles ; émissions de dioxyde de soufre ; proportion de la surface terrestre transformée ; fixation massive de l'azote ; émissions d'oxyde d'azote ; utilisation de l'eau ; extinctions des espèces croissantes ; émissions de dioxyde de carbone et de méthane ; émissions de nombreuses

⁹⁵⁴ Nous traitons dans l'introduction de la première partie l'épineuse question des précurseurs.

substances toxiques ou potentiellement désastreuses (les CFC sont cités) ; destruction des milieux humides ; prélèvement massif de la production primaire ; effets sur les communautés biotiques ; enfin, modifications des cycles d'eau douce.

Le diagnostic, qui occupe près de la moitié du texte, vient le peupler d'un vaste ensemble d'actants et l'énonciataire est transporté dans une série vertigineuse d'espaces hétérogènes. Par rapport à la séquence précédente, ce ne sont pas les textes qui sont mobilisés comme autant de témoignages d'une histoire, nous ne contemplons pas l'évolution du monde à travers les yeux d'autres scientifiques, mais ce sont bien les faits référencés qui prennent le dessus. Si l'on peut compter autant de débrayages d'énonciation que d'éléments du diagnostic, le diagnostic repose également sur une unité : c'est un panorama au sens où nous l'avons auparavant analysé, tel qu'il s'est progressivement constitué dans le champ des SST dès les années 1980, mais aussi dans le discours portant sur l'environnement global à cette même époque⁹⁵⁵. Le rapport au temps change également : on parle toujours de ce qui s'est passé, mais du point de vue d'un bilan fait dans l'actualité. Le temps est compacté dans un bloc : « Durant les trois derniers siècles, la population humaine a décuplé » ; « L'urbanisation a même décuplé » ; « En quelques générations ». De plus, la description de ce que l'humanité fait actuellement, et ainsi l'actualité, prend largement le dessus. En outre, le diagnostic rapporte quasi-systématiquement les divers éléments avec les éléments non-humains (SO₂, carburant fossiles, azote, NO, eau douce, extinction espèces), mettant en rapport la proportion des effets de l'action humaine aux flux non-humains.

Après avoir mentionné des évocations passées de l'influence géologique de l'humanité et le diagnostic allant dans ce sens, les auteurs avancent leur proposition :

Attendu que ces effets de l'activité humaine sur la terre et l'atmosphère, et bien d'autres, ne cessent de prendre de l'importance et ce à toutes les échelles, y compris globale, il nous semble plus qu'approprié d'insister sur le rôle central de l'humanité en écologie et en géologie en proposant l'usage du terme « anthropocène » pour désigner l'époque géologique contemporaine⁹⁵⁶.

La proposition de nouvelle époque (iii) est énoncée de telle sorte à mettre l'emphasis sur la pertinence du terme qui émane de l'opinion des auteurs : le « il nous semble que » qui

⁹⁵⁵ Pour la définition du panorama, voir le chapitre 9, section 9.2 ; pour l'analyse des panoramas dans le discours environnemental, voir le chapitre 14.

⁹⁵⁶ P. J. CRUTZEN et E. STOERMER, « The Anthropocene », *op. cit.*, p. 17, notre traduction. En langue originale : « *Considering these and many other major and still growing impacts of human activities on earth and atmosphere, and at all, including global, scales, it seems to us more than appropriate to emphasize the central role of mankind in geology and ecology by proposing to use the term "anthropocene" for the current geological epoch.* » Le texte est un véritable prototype d'article définitoire de la notion d'Anthropocène dont nous analyserons la structure plus en avant.

module est lui-même démodulé par « plus qu'approprié d'insister sur ». Remarquons que l'écologie et la géologie sont les disciplines visées par le changement de situation – et non pas d'autres savoirs – davantage spécialisés ou plus centrés sur les questions globales, ce qui aura une importance, notamment quant à l'appropriation de cette notion par des géologues. La proposition est immédiatement suivie d'un très court renvoi implicite vers l'exigence qu'elle comporte de désigner une durée géologique : la durée des effets de l'action humaine pourrait représenter plusieurs dizaines de milliers d'années.

La proposition de commencement de l'Anthropocène est largement marquée par l'explicitation de la présence des auteurs : attribuer une date de commencement de la nouvelle époque « peut sembler arbitraire », « mais, nous proposons la dernière partie du XVIIIe siècle, bien que nous sommes conscients que des propositions alternatives peuvent être faites (certains pourraient même inclure l'holocène entier) ». Il y peut-être ici une adresse à un problème diplomatique qu'entrevoient les auteurs : l'« arbitraire » dénote la prise en compte du caractère très succin de la proposition, sans doute trop peu étayée au regard de l'ambition déclarée. En effet, aucun fait, ni aucune méthode, relevant de l'histoire de la Terre, ne sont mobilisés. Au contraire, la date est choisie dans un espace de référence qui ne relève pas d'un domaine de compétence proche ou lointain de celui des auteurs, pas plus que de celui des premiers lecteurs intéressés par la revue *Global Change Newsletter* qui ne sont ni géologues ni historiens de la Terre. Une lecture rétrospective pourrait nous indiquer que le second membre de la phrase est une façon de prendre en compte des discussions informelles qui ont eu lieu auparavant⁹⁵⁷.

Après cette modulation, les auteurs convoquent trois éléments à l'appui de leur proposition. Premièrement, « au cours des deux derniers siècles, les effets globaux des activités humains sont devenus clairement visibles ». Les enregistrements glaciaires des concentrations atmosphériques de méthane et de dioxyde de carbone sont mobilisés pour attester ce fait. Deuxièmement, la date de commencement coïncide, notent les auteurs, avec « l'invention par James Watt de la machine à vapeur en 1784 [*sic*] » ; c'est un déplacement non référencé vers un espace de savoirs très différent : l'histoire des techniques, qui tient ici simplement le rôle de marqueur temporel censé indexer dans le temps un changement qualitatif dans l'histoire des relations entre la Terre et les humains. Troisièmement, les auteurs reviennent directement vers l'espace des références scientifiques, en ajoutant que les milieux biotiques de la plupart des

⁹⁵⁷ La seule trace qui permettrait d'étayer une telle hypothèse est la présence, en fin d'article, de remerciements à l'adresse de « nombreux collègues », « pour la correspondance et les conseils encourageants », remerciements absents des autres écrits du numéro de *Global Change*. Quoi qu'il en soit, ce membre ouvre la possibilité d'un débat élargi sur le terme.

lacs, dont Stoermer est un spécialiste, commencèrent à changer. Deux des trois éléments évoquent des changements environnementaux qui débutent au commencement choisi, défini de manière approximative (« dernière partie du XVIIIe siècle »), tout comme ce qu'on peut observer dans les évolutions mises en référence. Cependant, le second élément ne vient pas attester la factualité de l'évolution évoquée par les auteurs. L'invention supposée de la machine à vapeur amène un autre type d'actant qui fait tout à fait autre chose que de rendre présent une vision synoptique sur des éléments de l'histoire récente de la Terre, alors qu'il est pourtant énoncé au milieu des autres éléments. Il ne vient pas non plus servir de symbole, de procuration, ou de proxy, tout au plus pouvons-nous spéculer qu'il s'agit de dénoter ce qui est notable : la congruence entre les changements et l'apparition d'une technique centrale dans le devenir de l'industrialisation ; et de cette congruence l'énonciataire est invité à supposer une certaine connexion causale, qui ne sera pas pleinement éclaircie.

La fin de l'article présente les enjeux à venir (v), dont la mise en scène, encore plus étonnante, consiste en une *dramatisation du présent à l'aune des actions possibles*. Les auteurs observent qu'en l'absence de « catastrophes majeures », « l'humanité restera une force géologique majeure pendant des millénaires ». Quelles seraient ces catastrophes ? Enorme éruption volcanique ; guerre nucléaire généralisée ; impact cosmique ; nouvelle ère glaciaire ; pillage de la planète par des « technologies encore partiellement primitives » – « les quatre dernières pouvant être, ajoutent les auteurs entre parenthèses, néanmoins, empêchées dans une noosphère fonctionnant de manière satisfaisante ». Le plus surprenant n'est pas que le degré de possibilité de ces événements ne soit pas modulé, et qu'ils soient donc convoqués comme candidats sérieux à l'actualisation, mais c'est bien plutôt la présence du terme de Noosphère et surtout le pouvoir qui lui est conféré et le statut de l'action humaine.

La Noosphère a été invoquée en séquence (i) au sein d'un rappel historiographique depuis l'espace de l'histoire des idées, mais ici les auteurs le reprennent à leur compte, en assumant non seulement sa pertinence descriptive, mais également sa normativité. Plus étonnant encore est sans doute l'imaginaire sous-jacent. Eviter une guerre nucléaire est bien traditionnellement réputé relever du pouvoir humain, de même que la question de l'usage des ressources – mais les auteurs estiment également que dans une *bonne* noosphère, l'humanité pourra non seulement échapper à des astéroïdes mais aussi contrôler le climat afin d'échapper aux cycles de Milanković. Ainsi, dès l'article de 2000, l'imaginaire de la nécessité d'un contrôle géologique est bien présent, chez des acteurs qui, par ailleurs, participent à alerter l'opinion publique sur la commensurabilité des actions humaines par rapport aux processus

biogéochimiques à travers leurs propositions⁹⁵⁸.

L'enjeu, « une des grandes tâches à venir de l'humanité », consiste à développer une stratégie « acceptée au niveau global » qui conduirait à un bon usage des écosystèmes « contre les altérations d'origine humaine ». L'humanité doit donc œuvrer contre elle-même, par un « sage » emploi des connaissances « acquises dans la noosphère, mieux connue comme société de la connaissance ou de l'information ». Les ingénieurs et les chercheurs ont devant eux une mission « stimulante, mais aussi difficile et intimidante » de « guider l'humanité vers un management environnemental global et soutenable ». Comme nous le verrons, le caractère problématique de la référence à l'humanité (par le nom *Mankind* ou l'épithète *human*) ne manquera pas d'être relevé comme étant une mauvaise description de la réalité sociale et historique du processus désigné. Soulignons également la normativité de la proposition assignant leur rôle aux techniciens et aux scientifiques : être un guide suppose une relation d'autorité entre deux domaines sociaux distincts, l'un expert, l'autre profane et, au fond, une vision banale de la répartition de pouvoirs entre sciences, techniques et société. Le *management* planétaire renvoie ici à une rhétorique qui, nous l'avons analysé dans la partie précédente, est déjà courante dans le milieu des SST et plus largement dans le contexte du discours sur le « changement global ». Il est remarquable que ce *management* soit mis en relation avec une vision de l'opérativité terrestre explicite, supposant non seulement la possibilité, mais le devoir de contrôler activement le globe – et plus exactement ses conditions d'habitabilité.

Les éléments du paratexte indiquent les sources historiographiques des auteurs. Ils s'appuient essentiellement sur deux rapports imposants que nous avons mentionnés dans la partie précédente, *Sustainable Development of the Biosphere* et *The Earth as Transformed by Human Action* traitant l'histoire de la notion d'agir humain sur la planète, et comprenant notamment la citation de Stoppani⁹⁵⁹. Rappelons ici simplement que l'on retrouve notamment Paul Crutzen, mais aussi James Lovelock, parmi les contributeurs de ces ouvrages. Le troisième rapport important cité est celui, beaucoup plus connu, du GIEC de 1990 qui produit une synthèse globale de l'état des connaissances sur le changement climatique contemporain et sur l'influence de l'action humaine sur celui-ci. La proposition de nommer l'actualité géologique « Anthropocène », est-elle un geste qui ouvre une controverse ? En examinant sa trajectoire d'énonciation, nous allons voir que la situation est d'abord inversée.

⁹⁵⁸ Crutzen a participé à l'élaboration des rapports sur l'hiver nucléaire dans les années 1980 et fait partie des premiers acteurs impliqués dans l'IGBP.

⁹⁵⁹ W. C. CLARK et R. E. MUNN, *Sustainable Development of the Biosphere*, op. cit. ; B. L. TURNER et al. (éd.), *The Earth as transformed by human action*, op. cit.

17.2 Dispersion des premiers usages

En examinant de près les publications qui suivent directement celle de Crutzen et Stoermer, il semble que la notion d'Anthropocène est immédiatement mobilisée plutôt comme un fait, que comme une hypothèse à débattre. Dès 2000, au cours de la semaine du 13 octobre, la revue *Science* publie deux articles mentionnant le terme « Anthropocène ». Dans une rubrique qui tient lieu de chronique mensuelle sur l'histoire des sciences, Crutzen signe un article avec le climatologue Veerabhadran Ramanathan à propos des « sciences atmosphériques » dans lequel les auteurs signalent en passant : « On pourrait défendre l'idée selon laquelle l'ampleur environnementale de l'activité humaine a fait basculer la terre dans une nouvelle ère [*sic*] géologique, l'« Anthropocène »⁹⁶⁰. » L'article ne mentionne aucunement les propos co-signés par Stoermer quelques mois plus tôt : serait-ce dû à la temporalité de l'édition ? Crutzen avait-il pris unilatéralement l'initiative de publier cet article avant d'écrire conjointement la première proposition conceptuelle de l'Anthropocène avec Stoermer ?

Si la réponse est inaccessible, la rubrique *review* du même numéro, dans laquelle des scientifiques proposent d'importantes revues de littérature, accueille une contribution du biogéochimiste Paul Falkowski et de plusieurs collègues dont Will Steffen, acteur central des SST à partir de la fin des années 1990, qui, comme nous l'avons noté, occupe le poste de directeur de l'IGBP. On est étonné de l'aplomb avec lequel le concept d'Anthropocène est alors mobilisée, dans cet article faisant le bilan des recherches disponibles sur le cycle géochimique du carbone et testant la nature systémique de la planète :

Au moment où nous entrons rapidement dans une nouvelle phase du système Terre, l'Ere [*sic*] de l'Anthropocène, le débat concernant la distinction entre les effets humains et la variabilité naturelle va inévitablement s'apaiser face à la compréhension croissante du climat et des cycles biogéochimiques⁹⁶¹.

Contrairement à celui de Crutzen dans le même numéro, ce papier cite l'article de l'IGBP, même si d'autres sources de 2001 indiquent toutefois qu'il n'a guère encore le statut de référence. Par exemple, un article de Lou Cosdispoti et ses collègues traitant du cycle de l'azote ne mentionne que les papiers de Crutzen et Ramanathan et de Falkowski et ses collègues,

⁹⁶⁰ P. J. CRUTZEN et V. RAMANATHAN, « The Ascent of Atmospheric Sciences », *Science*, vol. 290, n° 5490, 13 octobre 2000, p. 303

⁹⁶¹ P. FALKOWSKI, PAUL G. *et al.*, « The Global Carbon Cycle: A Test of Our Knowledge of Earth as a System », *Science*, vol. 290, n° 5490, 13 octobre 2000, p. 295. Les auteurs parlent d'une « Ere » alors qu'il s'agit d'une Epoque du point de vue géologique. Certains auteurs utilisent la notion d'Anthropocène, même en tant que titre de partie, sans pour autant citer ni Crutzen ni Stoermer, mais un texte évoquant l'influence environnementale de l'action humaine, voir M. NYSTRÖM et C. FOLKE, « Spatial Resilience of Coral Reefs », *Ecosystems*, vol. 4, n° 5, 1^{er} août 2001, p. 406-417

tout en assénant dans son titre et plusieurs fois dans son texte « que nous entrons dans l'Anthropocène », suggérant que cette catégorie semble alors se rapporter à un fait ou un état des choses⁹⁶². Signé de l'hydrologue français Michel Meybeck, elle est mobilisée avec une assurance semblable dans un article faisant mention de l'article de Stoermer et Crutzen et paraissant dans un journal de l'International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP), projet de sciences humaines au sein des SST⁹⁶³. Ainsi, dès les premiers mois d'existence, c'est comme si le concept d'Anthropocène était déjà partagé dans l'arène des SST, les articles cités appartenant en effet à ce champ, ou s'inscrivant dans la dynamique de recherche des sous-programmes de l'IGBP.

Steffen reprend le terme « Anthropocène » dans le journal de l'IGBP du programme de recherche dès août 2000. Il y présente alors un colloque très important qui se déroulera l'année suivante à Amsterdam : la *Global Change Open Science Conference*, plus sobrement appelée Conférence d'Amsterdam. Largement soutenu par l'IGBP et par trois programmes internationaux importants qui lui sont historiquement liés⁹⁶⁴, cet événement réunissant plusieurs milliers de spécialistes fait office d'un grand bilan multidisciplinaire sur les SST au terme duquel est publiée une déclaration définissant la nature et la vocation des SST⁹⁶⁵. Selon Steffen le dernier jour de cette conférence sera dédié à l'ébauche « d'un programme de recherche pour l'époque actuelle caractérisée par la domination humaine croissante sur de nombreux processus l'échelle globale – l'ère [*sic*] de l'Anthropocène⁹⁶⁶. »

Cependant, d'après le programme et les actes du colloque, seul Crutzen, qui intervient dès le premier jour, désigne les changements écologiques globaux par le terme « Anthropocène », changements que pourtant la plupart des intervenants traitent directement ou indirectement⁹⁶⁷. Crutzen exprime là une perspective partagée par la plupart des conférenciers

⁹⁶² L. A. CODISPOTI *et al.*, « The oceanic fixed nitrogen and nitrous oxide budgets: Moving targets as we enter the anthropocene? », *Scientia Marina*, vol. 65, n° S2, 30 décembre 2001, p. 85-105

⁹⁶³ M. MEYBECK, « Integration of Earth System and Human Dimensions in Continental Aquatic System », *IHDP Update*, n° 1, 2001, p. 14-16

⁹⁶⁴ Le World Climate Research Programme (WRCP), DIVERSITAS et l'International Human Dimensions Programme (IHDP)

⁹⁶⁵ Interdisciplinaire dans la limite de certaines questions de recherches, comme nous le verrons. Un des participants remarque à ce propos que « Other disciplines not represented in Amsterdam, such as demography, health science and geology must be encouraged to find their roles also. We need to ask our-[158]selves “Who should be here and is not?” It is crucial that the emphasis given to the study of specific aspects of the Earth System should result from rational appraisal, and not be the consequence of historical or organisational happenstance. » C. RAPLEY, « Simulating and Observing the Earth System: Summary », dans W. Steffen *et al.* (éd.), *Challenges of a Changing Earth Proceedings of the Global Change Open Science Conference, Amsterdam, The Netherlands, 10-13 July 2001*, Berlin, Springer Berlin, 2003, p. 157-158

⁹⁶⁶ W. STEFFEN, « Latest News on the Open Science Conference », *Global Change: IGP Newsletter*, n° 42, O8 2000, p. 4

⁹⁶⁷ W. STEFFEN *et al.*, *Challenges of a Changing Earth: Proceedings of the Global Change Open Science Conference, Amsterdam, the Netherlands, 10-13 July 2001*, Berlin, Heidelberg, Springer, coll. « Global

et conférencières : non seulement la question des propriétés de non-linéarité, d'instabilité et de complexité imputées à la Terre comprise en tant que système font l'objet de développements nombreux et plus spécifiques, mais encore l'importance de l'action humaine dans sa relation à un bouleversement du « fonctionnement » du « système Terre » est largement partagée.

Signée par les représentants des programmes internationaux IGBP, IHDP, WRCP et DIVERSITAS, respectivement Berrien Moore III, Arild Underdel, Peter Lemke, et Michel Loreau, la « Déclaration d'Amsterdam sur le changement global » (plus connue sous le nom de « Déclaration d'Amsterdam ») proclame que la décennie de recherche écoulée aboutit cinq résultats fondamentaux : (i) le « système Terre » se comporte comme un système auto-régulé incluant des composantes « physiques, chimiques, biologiques et humaines » ; (ii) les activités humaines sont clairement identifiables « au-delà de la variabilité naturelle », elles « égalent de certaines des grandes forces de la nature par leur étendue et leur effet [*impact*] » ; (iii) ce changement global ne peut pas être compris dans une simple approche « cause-effet » ; (iv) la dynamique du système Terre est caractérisée par des « seuils critiques et des changements abrupts » si bien que les activités humaines pourraient « involontairement déclencher de tels changements entraînant de graves conséquences pour l'environnement terrestre et ses habitants » ; (v) le « système Terre » a évolué « bien au-delà de la variabilité naturelle connue au moins depuis 500 000 ans » selon certains aspects environnementaux.

La déclaration appelle ensuite à la création d'un cadre éthique pour une « intendance planétaire » (*planetary stewardship*) et à des « stratégies pour la gestion du système Terre » et demande que soit mise en place une nouvelle science environnementale internationale⁹⁶⁸. Ces quelques éléments expriment la position générale de ces milieux de recherche sur les cycles biogéochimiques au début du XXI^e siècle, mais dans une totale continuité avec ce qui s'énonce dans les SST depuis les années 1980 à la fois par l'importance conférée à l'influence humaine du point de vue du changement global et par la gestion du globe comme totalité systémique. Cependant, ayant vocation exotérique, la déclaration ne mentionne guère le terme « Anthropocène » et se contente des termes largement utilisés par les acteurs des SST, comme « système Terre » ou encore « changement global ». Le terme « Anthropocène » reste encore un élément du langage des SST qui circule de manière informelle, même s'il est déjà employé de manière formelle dans certaines publications.

Change - The IGBP Series », 2002 ; IGBP, « Global Change Open Science Conference Programme », *Global Change: IGBP Newsletter*, n° 44, s. d., p. 14-21

⁹⁶⁸ W. STEFFEN *et al.*, « The Amsterdam Declaration on Global Change », dans *Challenges of a Changing Earth Proceedings of the Global Change Open Science Conference, Amsterdam, The Netherlands, 10-13 July 2001*, Berlin, Springer Berlin, 2003, p. 207-208

Dans une autre instance scientifique, le chapitre conclusif du troisième rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) publié en 2001 s'appuie sur l'article de Crutzen et Stoermer pour affirmer que la communauté scientifique reconnaît de plus en plus l'importance environnementale de l'activité humaine qui « est maintenant si profonde que l'ère géologique présente peut être appelée l'« Anthropocène ». » Le chapitre, qui entend résumer les perspectives de la recherche dans le domaine des sciences du climat, souligne également le fait que la « Terre fonctionne comme un système », qui inclut des « seuils », des « points de bascule ou de contrôle », des non-linéarités, des « incertitudes insolubles ». L'IGBP, l'IHDP et le WCRP sont dûment salués pour avoir fourni une « base solide » de la connaissance du « système Terre » et pour avoir entrepris la construction d'un « programme international de SST⁹⁶⁹ ». Si cela ne saurait être contesté, il faut ajouter que, parmi les auteurs de ce chapitre conclusif, se trouve notamment Moore, depuis longtemps proche du développement de l'IGBP⁹⁷⁰, en tant qu'auteur principal et coordinateur. Parmi les auteurs principaux figure également Arild Underdal alors professeur en sciences politiques mais aussi très actif au sein de l'IHDP en tant que membre du comité scientifique et membre du « groupe d'Oslo », dont l'objectif est au début des années 2000 d'améliorer la coordination au sein des programmes internationaux associés à l'institution⁹⁷¹. William Lawrence, modélisateur du climat depuis les années 1970, a participé à un programme de comparaison de modèles climatiques (AMIP) animé *via* l'IGBP au début des années 1990⁹⁷². Signalons enfin le météorologue suédois, Bert Bolin, déjà croisé car impliqué dans la création du GIEC dans les années 1980⁹⁷³. Sans doute moins connu est son rôle comme l'un des initiateurs auprès de

⁹⁶⁹ INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, *Climate change 2001: The Scientific Basis*, Cambridge ; New York, Cambridge University Press, 2001, p. 784

⁹⁷⁰ Dès le début des années 1990, Berrien Moore III est membre du comité de pilotage, puis son président à partir du milieu des années 1990, d'un projet de recherche lancé à la fin des années 1980 dans le cadre de l'IGBP : International Global Atmospheric Chemistry (IGAC), sous l'impulsion de l'Association internationale de météorologie et de sciences atmosphériques (IAMAS), et plus particulièrement d'une commission de cette dernière dédiée aux questions de pollution (Commission on Atmospheric Chemistry and Global Pollution (CACGP)). Ce projet, qui se focalise surtout sur la coordination et la publicisation de la recherche plutôt que son financement direct, a pour but général l'étude des changements contemporains de la chimie atmosphérique, en lien avec les activités humaines, et comporte notamment une composante prédictive. G. P. BRASSEUR, R. G. PRINN et A. A. P. PSZENNY, *Atmospheric Chemistry in a Changing World: An Integration and Synthesis of a Decade of Tropospheric Chemistry Research*, Berlin, Springer Berlin, coll. « Global Change - The IGBP Series », 2003, p. v-vii (p. V-VII). Dans les années 1990, Berrien Moore III va diriger un groupe de travail sur la modélisation au sein de l'IGBP (IGBP Task Force on Global Analysis, Interpretation, and Modelling (GAIM)) et préside le comité scientifique de l'IGBP entre 1998 et 2000. Moore a également occupé le poste de directeur d'un institut de recherche à l'Université du New Hampshire, et il a fondé un *think tank* dédié aux questions énergétiques.

⁹⁷¹ R. WASSON et A. UNDERDAL, « Human-Environment Interactions: Methods and Theory », *Global Change: IGBP Newsletter*, avril 2002, p. 22-23

⁹⁷² W. L. GATES, « AMIP : the Atmospheric Model Intercomparison Project », *Bulletin of American Meteorological Society*, vol. 73, n° 12, décembre 1992, p. 1962-1970

⁹⁷³ P. BROWN, « Obituary: Bert Bolin », *The Guardian*, rubrique « Environment », 9 janvier 2008

l'ICSU de la création de l'IGBP⁹⁷⁴, Au même titre que Crutzen et Moore, il est l'un des « ambassadeurs de l'IGBP », un panel d'anciens membres du comité scientifique de l'organisation sélectionnés pour leurs « compétences en communication, crédibilité dans les arènes politiques et scientifiques⁹⁷⁵ ». Ainsi, la plupart des auteurs ou relecteurs de ce chapitre conclusif ont un lien avec l'IGBP, et cela joue sans doute sur la présence même du terme « Anthropocène » mais aussi du cadrage général : d'une part en termes du langage systémique de l'IGBP et d'autre part du diagnostic général dénoté par le terme « Anthropocène ». Ainsi, alors même que ce terme reste neuf et non encore défendu dans une revue à comité de lecture, il est déjà largement véhiculé dans le champ des SST et dans le milieu de l'IGBP. C'est comme si l'Anthropocène était dès le départ considéré comme un fait, si l'on entend par là « un énoncé qui est répété par quelqu'un d'autre sans qualification pour être utilisé sans contestation comme prémisse d'un raisonnement⁹⁷⁶. »

17.3 L'article de *Nature*

La première tentative de définition du terme « Anthropocène » formellement sanctionnée par les pairs apparaît en janvier 2002 dans la revue *Nature*. Il s'agit d'une proposition cette fois uniquement signée de la main de Crutzen. Souvent considéré comme fondateur, ce court article, plus succinct encore que celui publié deux ans plus tôt, comporte toutefois une légère modification de la structure narrative, puisqu'il se décompose ainsi : (i) proposition d'une nouvelle époque ; (ii) précurseurs ; (iii) panorama ; (iv) enjeux. L'auteur, après avoir souligné l'importance croissante des effets de l'action humaine sur la Terre, notamment sur le climat, affirme d'emblée qu'il « [...] semble approprié d'attribuer le terme « Anthropocène » au temps présent, époque géologique dominée par l'humanité sous bien des aspects, et succédant à l'Holocène – la période chaude des 10-12 derniers millénaires⁹⁷⁷. » Crutzen réitère dans le même mouvement sa proposition de situer le commencement de l'Anthropocène à la fin du XVIIIe siècle, en reprenant exactement les mêmes arguments qu'en

⁹⁷⁴ Sur laquelle nous revenons en partie II

⁹⁷⁵ IGBP, *IGBP Annual Report 2004*, Stockholm, ICSU, 2004, p. 33

⁹⁷⁶ B. LATOUR, « « Les “vues” de l'esprit » Une introduction à l'anthropologie des sciences et des techniques », *Culture Technique*, n° 14, 1985, p. 9

⁹⁷⁷ P. J. CRUTZEN, « Geology of Mankind », *Nature*, vol. 415, n° 6867, 3 janvier 2002, p. 23 La même année Crutzen publie dans le *Journal de physique* un court article tiré du *European Research Course on Atmospheres* (ERCA) auquel il participe en tant qu'intervenant P. CRUTZEN, « The “anthropocene” », *Journal de Physique IV (Proceedings)*, vol. 12, n° 10, novembre 2002, p. 1-5 Plus anecdotique est son intervention dans un journal de toxicologie P. J. CRUTZEN, « The Effects of Industrial and Agricultural Practices on Atmospheric Chemistry and Climate During the Anthropocene », *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, vol. 37, n° 4, 14 mai 2002, p. 423-424

2000, à savoir l'argument de la croissance des gaz à effet de serre et la coïncidence avec la conception de la machine à vapeur de Watt⁹⁷⁸.

Crutzen procède à peu près au même rappel historiographique qu'auparavant, soulignant que l'influence grandissante de l'humanité sur son environnement a été reconnue depuis 1873 avec les travaux du géologue italien Antonio Stoppani, puis au XXe siècle par Vladimir Vernadsky et Pierre Teilhard de Chardin. Le panorama environnemental y diffère en partie du précédent. Se divisant en deux parties, il commence par énoncer les influences passées, parfois quantifiées, de l'action humaine sur les trois cent dernières années : augmentation de la population ; accroissement du cheptel producteur de méthane ; occupation humaine des sols ; disparition des forêts tropicales ; influence humaine sur le cycle de l'eau ; ponction humaine sur la production primaire de poisson ; augmentation des pollutions dues aux pratiques énergétiques ; perturbation du cycle de l'azote ; augmentation de gaz à effets de serre. A ce panorama s'ajoute un bilan au présent rappelant les conséquences attendues en termes de réchauffement climatique, de la « chance » de ne pas avoir provoqué d'altérations trop importantes de la couche d'ozone et, plus inattendu, l'observation selon laquelle « ces effets ont largement été causés par seulement 25% de la population mondiale ».

Reprenant l'argumentaire de 2000, Crutzen évoque l'éventualité de catastrophes majeures, cette fois-ci collision d'une météorite, guerre mondiale et pandémie, puis fini par conclure que l'humanité est appelée à rester une « force environnementale majeure » : une « tâche éprouvante repose dans le futur des scientifiques et des ingénieurs afin qu'ils puissent guider la société vers une gestion de l'environnement soutenable dans l'ère de l'Anthropocène [sic]. » Toutefois, la noosphère n'est plus mentionnée, et les mesures à prendre pourront inclure – ce que Crutzen ajoute par rapport à 2000 – des « projets de géo-ingénierie à grande échelle » acceptés internationalement « afin d'« optimiser » le climat ». « A ce stade, achève-t-il, nous sommes encore largement en *terra incognita*. »

La même année, Crutzen publie deux autres articles, moins connus, à propos de l'Anthropocène. Le premier est une courte intervention à un colloque concernant l'influence humaine sur la chimie atmosphérique, et particulièrement l'ozone, et les recherches à mener en Asie à ce sujet⁹⁷⁹. L'auteur n'y traite pas en détail de la définition de la nouvelle époque, mais

⁹⁷⁸ P. J. CRUTZEN, « Geology of Mankind », *op. cit.* Crutzen reprend également l'erreur factuelle concernant le moteur à vapeur. Il se trouve que l'il avait été mis au point avant cette date et que Watt lui-même avait en déjà fait breveter des versions plutôt dans le siècle. On pensera notamment au brevet qu'il déposa en 1769 d'une machine à vapeur possédant une chambre à condensation. D. K. HULSE, *Early Development of the Steam Engine*, Warwickshire, TEE Publishing, 1999

⁹⁷⁹ P. J. CRUTZEN, « The Effects of Industrial and Agricultural Practices on Atmospheric Chemistry and Climate During the Anthropocene », *op. cit.*

souligne qu'il y a de « bonnes raisons d'appeler les 2-3 derniers siècles l'« Anthropocène ». ⁹⁸⁰ » Le second est également repris d'une conférence, cette fois-ci donnée en 2002 dans le cadre d'une session du European Research Course on Atmosphere (ERCA), que suivirent plus de quatre cent cinquante participants ⁹⁸¹.

17.4 Conclusion

Ces quelques éléments montrent à quel point la trajectoire collective d'énonciation de la notion d'« Anthropocène » donne lieu à des formes peu stabilisées : on en fait parfois une ère et non pas une époque ; le texte de Crutzen et Stoermer ne fait pas systématiquement référence, même pour un de ses auteurs ; l'autre signe là son seul et dernier texte sur le sujet ; l'usage langagier du terme dénote à tour à tour une vérité bien établie ou une simple proposition soumise à une large communauté de recherche – quoique, dans tous les cas, ces usages sont implicitement validés par les instances sanctionnantes des comités de lecture et de rédaction constitués par les pairs. On peut dire alors que le concept d'Anthropocène se caractérise par le fait de rencontrer très tôt un succès dans les épreuves propres au milieu éditorial scientifique, mais ce succès est conditionné à au moins deux aspects. Tout d'abord, comme nous l'avons déjà remarqué, le concept d'Anthropocène regroupe des traits qui sont déjà compris dans la notion de « changement global » dès les années 1980. On peut dire que sa réalité pré-individuelle est très proche de la manière dont elle est construite par Crutzen et Stoermer, si bien que le champ auquel ils appartiennent la reprend sans difficulté, sans *problème*.

Le second aspect touche précisément au périmètre de ce champ. En effet, les différents usages ont ceci en commun qu'ils se rapportent tous à un même milieu de recherche à savoir les sciences du « système Terre » incarné par des organismes de coordination de la recherche précis (IGBP, WCRP, IHDP notamment), et dont les énoncés généraux peuvent être mis en correspondance avec le contenu que Crutzen affecte à la notion d'Anthropocène. Ainsi, bien qu'elle apparaisse largement acceptée au premier abord, ou *a minima* véhiculée sans résistance particulière, c'est sans doute parce que ce phénomène est restreint à un champ particulier, quoiqu'il regroupe en principe de nombreux acteurs. Cependant, cela ne signifie pas qu'il y a consensus sur une définition stabilisée de la notion d'Anthropocène. En effet, des différences transparaissent déjà au cours des années 2000 chez les acteurs des SST, par exemple entre Steffen, Crutzen ou Meybeck : il y a consensus au niveau très général de l'ampleur de

⁹⁸⁰ *Ibid.*, p. 423

⁹⁸¹ Ainsi que l'annonce Claude Boutron en introduction.

l'influence de l'humanité sur le globe, mais guère sur les traits plus spécifiques.

Si l'on peut dire qu'une séquence s'est ouverte avec l'article de Crutzen et Stoermer, et si le terme « Anthropocène » va largement circuler dans des espaces de représentation scientifiques, c'est surtout comme manière de désigner un processus déjà reconnu comme le manifeste le point (ii) de la déclaration d'Amsterdam, lui-même un rappel des énoncés fondamentaux des SST. Les usages du terme « Anthropocène » vont surtout consister à l'associer aux résultats et aux analyses des savoirs de la Terre d'une manière qui ne soulève pas d'enjeu de contenu, ou telle que son absence ne modifierait guère les écrits publiés dans le cadre des SST. Ainsi, le terme « Anthropocène » est-il avant tout un opérateur dramaturgique pour l'écriture scientifique et une façon de nommer un diagnostic déjà bien stabilisé pour une communauté étendue, mais particulière.

Arènes de publicisation de la notion d'Anthropocène

The terms Holocene, Pleistocene, Pliocene, Miocene, Oligocene, Eocene, and Paleocene combine the suffix -cene, derived from the classical Greek word kainos, meaning new, with prefix roots meaning, in the same order, whole, most, more, less, little, earliest, and old. Strict extension of this method into postapocalypse time might favor the adoption of the term Kenocene, from kenos, the classical Greek word meaning empty. However, another option is advocated by virtue of its descriptive and phonetic qualities: the Kerocene Epoch, taken from keros, meaning death. The principal advantage of using a classical or "dead" language in the derivation of scientific terms is its fixity—dead languages do not evolve as a result of common use. Following a nuclear apocalypse all languages currently used, including English, will also become dead languages. As a result, consideration may also be given to the following postapocalypse epoch names as alternatives: Nothingcene, Changeofcene, or, perhaps, Weshouldhavecene⁹⁸².

— Eric C. Prosh et Alexander D. McCracken, 1985

La manière de dramatiser l'événement de la géo-histoire dans les écrits des SST ne va pas de soi. Durant les années 2000, la notion d'Anthropocène connaît plusieurs réécritures dont il est possible de suivre pas à pas le processus d'élaboration. Au cours de ce dernier de plus en plus d'acteurs aux intérêts parfois contradictoires sont recrutés et la notion est véhiculée dans des arènes de la vie scientifique centrée autour de l'ample communauté des sciences du « système Terre ». Dans les deux chapitres suivants, nous décrivons cette trajectoire

⁹⁸² E. C. PROSH et A. D. MCCRACKEN, « Postapocalypse Stratigraphy: Some Considerations and Proposals », *Geology*, vol. 13, n° 1, 1^{er} janvier 1985, p. 4-5

d'énonciation, de 2002 à 2007, c'est-à-dire jusqu'au projet de géologues de former l'Anthropocene Working Group (AWG) en 2009. Nous repérons, avec d'autres, deux sites principaux de transaction et d'élaboration, à savoir la controverse avec William Ruddiman et les Dahlem Workshops, pour ensuite souligner les différences entre les deux principaux promoteurs de la notion d'Anthropocène à ce moment, à savoir Crutzen et Steffen. Dans ce chapitre nous nous intéressons à la controverse avec Ruddiman, ce qui permet d'analyser la mobilisation des fameuses courbes d'aspect exponentiel comme panorama de l'environnement global ainsi que le vocabulaire et les notions des SST dans les définitions de l'Anthropocène. Ce faisant, nous montrons à la fois les techniques d'inscription et le mouvement pour convaincre qui se produit au cœur de la trajectoire d'énonciation, et donc de construction, du concept d'Anthropocène⁹⁸³.

18.1 L'hypothèse d'un agir climatique dans l'Holocène

A notre connaissance, c'est véritablement William Ruddiman qui, en 2003, provoque la première controverse autour de la définition de l'Anthropocène, en particulier s'agissant de son cadrage temporel. Le paléoclimatologue fut notamment membre entre 1995 et 1997 du comité scientifique du programme de recherche paléoclimatique PAGES lui-même placé sous l'égide de l'IGBP. Il publie un long article dans l'importante revue *Climatic Change*, remettant en question la proposition de Crutzen et Stoermer selon laquelle le commencement de l'Anthropocène serait synchrone aux prémices de la « révolution industrielle ». Il présente également ce travail en décembre 2003 devant l'Union américaine de géophysique (AGU) au cours de sa conférence annuelle à San Francisco⁹⁸⁴. Ruddiman défend d'une manière à la fois bien plus détaillée que Crutzen et plus spécifique, l'idée selon laquelle « l'Anthropocène a en réalité commencé il y a des milliers d'années suite à la découverte de l'agriculture et des innovations technologiques qui en ont découlé au sein des pratiques agricoles⁹⁸⁵. » En effet, selon Ruddiman, qui formule ainsi ce qu'il est désormais convenu d'appeler l'hypothèse de l'Anthropocène précoce (*early Anthropocene hypothesis*), ici de nature climatique, l'humanité

⁹⁸³ B. LATOUR, « « Les “vues” de l'esprit » Une introduction à l'anthropologie des sciences et des techniques », *op. cit.*, p. 10

⁹⁸⁴ B. MASON, « Climate Change: The Hot Hand of History », *Nature*, vol. 427, n° 6975, 12 février 2004, p. 582-583

⁹⁸⁵ W. F. RUDDIMAN, « The Anthropogenic Greenhouse Era Began Thousands of Years Ago », *Climatic Change*, vol. 61, n° 3, décembre 2003, p. 261 « The hypothesis advanced here is that the Anthropocene actually began thousands of years ago as a result of the discovery of agriculture and subsequent technological innovations in the practice of farming »

aurait émis durant l'Holocène suffisamment de gaz à effet de serre pour modifier l'évolution attendue de la température globale au cours de cette période⁹⁸⁶.

Ruddiman soutient qu'il est possible de détecter l'influence humaine sur le climat bien plus tôt que ce qui est couramment admis par la communauté des climatologues, ce qui, par conséquent, s'oppose à la position initiale de Crutzen et Stoermer⁹⁸⁷. Cette influence serait tributaire d'émissions de méthane (CH₄) et de dioxyde de carbone (CO₂) dès 5000 ans avant aujourd'hui⁹⁸⁸. Elle trouverait ses origines respectives dans la culture du riz et la déforestation. Toute l'argumentation de Ruddiman repose sur le constat que l'évolution de la concentration des gaz à effet de serre durant l'Holocène présente une anomalie par rapport aux variations climatiques réglées sur les cycles de Milanković. Là où l'on attendrait une décroissance de leur concentration, il existe une augmentation depuis cette époque : il y aurait donc un écart important correspondant à la différence entre une diminution attendue et une augmentation relevée de ces gaz à effet de serre (Figure 35).

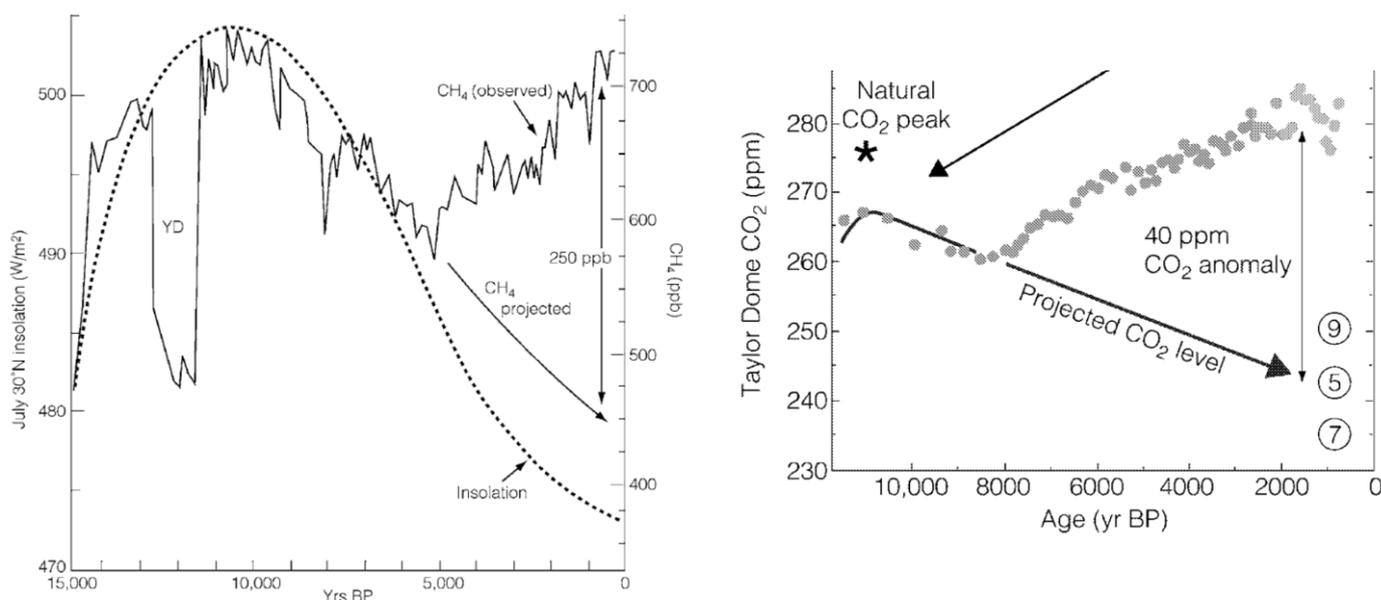


Figure 35 – Nous reproduisons ici à gauche l'anomalie de l'évolution de la concentration de CH₄ dans l'atmosphère ; et à droite l'anomalie de concentration de CO₂ dans l'atmosphère⁹⁸⁹. Concernant le CH₄, on aurait affaire à une anomalie de 250 parties par milliards (ppb) au lieu de 100 ppm, et elle serait de 40 parties par millions (ppm), ce qui équivaut à 320 gigatonnes (Gt) de ce gaz, et non pas de 25

⁹⁸⁶ Cette hypothèse est défendue avec un collègue deux années auparavant mais sans référence à la notion d'Anthropocène : mais la thèse est bien de nature anthropocénique. Voir W. F. RUDDIMAN et J. S. THOMSON, « The Case for Human Causes of Increased Atmospheric CH₄ Over the Last 5000 Years », *Quaternary Science Reviews*, vol. 20, n° 18, décembre 2001, p. 1769-1777

⁹⁸⁷ Notons que l'auteur remercie à la fois Michal Mann et Wallace Broecker, tous deux relecteurs de ce texte.

⁹⁸⁸ W. F. RUDDIMAN, « The Anthropogenic Greenhouse Era Began Thousands of Years Ago », *op. cit.*, p. 272 "How could pre-industrial carbon emissions have been so large with populations so much smaller and technology so much more primitive than today?"

⁹⁸⁹ *Ibid.*, p. 263 et 266

ppm (équivalent à 200 Gt), tels que les observations pourraient nous conduire à penser.

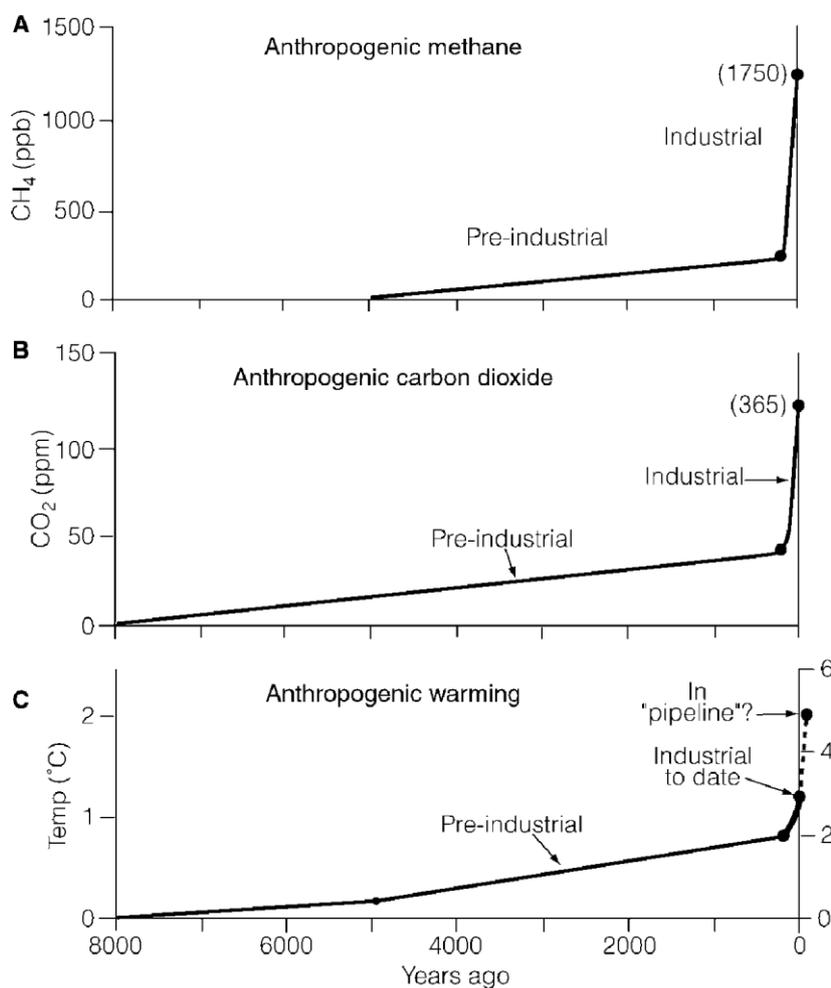


Figure 36 – Augmentations anthropogéniques de (a) la concentration atmosphérique de CH₄ (b) la concentration atmosphérique de CO₂. Elévation (c) de la température atmosphérique due aux émissions de GES anthropiques⁹⁹⁰. Remarquons que les émissions de CH₄ et de CO₂ débuteraient depuis 5000 ans et 8000 ans respectivement.

Ruddiman relie causalement ces écarts à des techniques jugées peu efficaces, extensives et ne nourrissant que peu de personnes (pour le CH₄) ainsi qu'à une déforestation importante et s'étalant sur un temps très long (pour le CO₂)⁹⁹¹. Il faut alors repenser l'attribution de l'augmentation de température mesurée : celle-ci serait pour le moment majoritairement (en 2003) le fait de paléo-émissions auxquelles l'auteur attribue donc une très grande importance

⁹⁹⁰ W. F. RUDDIMAN, « The Anthropogenic Greenhouse Era Began Thousands of Years Ago », *op. cit.*

⁹⁹¹ Nous ne revenons pas en détails sur les différentes épreuves que Ruddiman soumet à ces hypothèses, mais relevons qu'elles sont extensivement analysées notamment en articulant des résultats de l'archéologie, de paléontologie, de l'histoire et de la palynologie.

historique. Selon lui, l'humanité aurait ainsi réchauffé l'atmosphère de 0,8 °C entre 8000 (BP) et 1800 (AD) et seulement de 0,6 °C entre 1800 et 2000 (Figure 36)⁹⁹².

Si les articles de Crutzen sont généralement cités comme les premières formulations de la notion d'Anthropocène, on pourrait attribuer à Ruddiman la première proposition longuement argumentée de manière agonistique, discutant et articulant des preuves et proposant même une relecture assez radicale – quoique pas nécessairement neuve – de l'histoire de l'Holocène. Sa lecture sort du paradigme majoritaire qui voulait, depuis la fin du XIXe siècle, que l'histoire humaine fût définitivement sans commune mesure avec celle de la Terre. On pourrait dire que Ruddiman est le premier, après la Seconde Guerre mondiale, à publier une proposition consistante et non panoramique d'un Anthropocène.

En effet, sa proposition est beaucoup plus précise que celle de Crutzen et Stoermer. L'hypothèse de Ruddiman se veut clivante et risquée, en ce qu'elle renverse ouvertement la distinction alors conventionnelle, quoiqu'au fond assez récente, entre histoire humaine et histoire du climat⁹⁹³. Elle s'appuie sur des thèses que Ruddiman développe alors depuis quelques années. Après avoir étudié dans les années 1970 puis 1980 la géochimie des océans, il s'est fait connaître à la fin les années 1980 en participant à l'étude de la relation entre le climat et la tectonique des plaques. Il a notamment proposé d'établir un lien entre les moissons d'Asie du Sud-Est et l'élévation du plateau du Tibet, une idée qui, pour étrange qu'elle parût au départ, est désormais acceptée par les paléoclimatologues⁹⁹⁴. Plus généralement, au moment où Ruddiman lance cette l'hypothèse d'un Anthropocène précoce, il est déjà reconnu comme spécialiste de l'histoire du climat au Quaternaire (Holocène et Pléistocène) et a co-signé en

⁹⁹² L'autre conclusion importante que défend Ruddiman consiste à réinterpréter l'origine de ce qui est appelé le Petit Âge glaciaire, c'est-à-dire une période relativement froide qui s'est étendue entre 1300 et 1900. La cause de ce phénomène est alors couramment attribuée à la variation de l'activité solaire et volcanique, à la fois du point de vue de la température mais aussi de la diminution de CO₂ atmosphérique qui s'en est suivi. Or Ruddiman soutient que, en fonction des courbes d'évolution de CO₂ atmosphérique que l'on va choisir (celle de Mann ou celle de Law and Taylor Domes), son histoire sera bien plus cohérente : le Petit Age glaciaire n'a pas engendré la famine et le « dépeuplement », mais « les irrptions de peste ont causé des réductions majeures de population tout en contribuant de manière significative à refroidir le climat » W. F. RUDDIMAN, « The Anthropogenic Greenhouse Era Began Thousands of Years Ago », *op. cit.*, p. 290. Ce à quoi tient alors ce retournement de causalité, ce possible renversement radical d'une strate de notre histoire, dont l'auteur sait bien qu'il n'est pas total car les volcans et le soleil y participèrent, n'est rien d'autre que la résolution d'une mesure ou plus précisément la précision de la description temporelle à laquelle la reconstruction, aidée d'un modèle, des archives est capable d'aboutir à cette époque.

⁹⁹³ J.-B. FRESSOZ et F. LOCHER, « L'agir humain sur le climat et la naissance de la climatologie historique, XVIIe-XVIIIe siècles », *op. cit.* ; J.-B. FRESSOZ et F. LOCHER, *Les révoltes du ciel. Une histoire du changement climatique XVe-XXe siècles*, *op. cit.*

⁹⁹⁴ A ce sujet, consulter : M. E. RAYMO et W. F. RUDDIMAN, « Tectonic Forcing of late Cenozoic Climate », *Nature*, vol. 359, n° 6391, 10 septembre 1992, p. 117-122 Ruddiman est aussi Lauréat 2010 de la prestigieuse médaille Lyell de la célèbre Société géologique de Londres (*London Geological Society*). Selon l'outil de bibliométrie de Google, l'article le plus cité dont Ruddiman est l'auteur principal est celui de 1989, le second est celui dont il est ici question.

2001 un article sur les paléoémissions de CH₄ d'origine humaine⁹⁹⁵.

Ce n'est pas simplement le goût des hypothèses risquées qui semble motiver l'enquête de Ruddimann, fussent-elles motivées par l'appât de la renommée ou simplement d'un renversement théorique – ou les deux. C'est aussi l'énigme d'une anomalie de l'histoire du Quaternaire, c'est-à-dire des dernières 2,5 millions d'années, censées être réglées par les cycles orbitaux : cette histoire nous enseigne qu'il y a une régularité dans les cycles de glaciation mais que la dernière déglaciation ne se déroule pas comme les autres. Cette régularité de l'histoire de la Terre se trouble : une différence semble contrarier la répétition des grands cycles cosmiques et il faut donc en rendre compte⁹⁹⁶. Or Ruddiman conteste le recours à des causes non-humaines, solution en continuité avec l'histoire de sa discipline. Ce geste d'aller à l'encontre de son héritage disciplinaire, par le recours à une influence humaine dans le cours de l'histoire pré-industrielle de la Terre, est cependant effectué avant que l'auteur n'ait connaissance de l'article de Crutzen, pourtant cité par d'autres dès 2001. On pourrait alors formuler une hypothèse-limite : la proposition de Ruddiman est une proposition « anthropocénique » parallèle, dont la vocation première n'était pas de répondre à Crutzen. Selon cette hypothèse, Ruddiman aurait plutôt saisi le champ ouvert par la proposition de Crutzen, s'insérant ainsi dans un espace de discussion plus ample que celui des spécialistes de paléoclimatologie et dont on peut mesurer à l'aune de la publicisation que connaît l'hypothèse de Ruddiman dans les années 2010.

Cela conduit à une thématization de l'Anthropocène comme un enjeu de controverse. Ruddimann, qui alors entamait une « demi-retraire » comme il le concède lui-même⁹⁹⁷, avait déjà publié avec un collègue un article en 2001 détaillant son argument à propos du méthane. Avec l'article de 2003 qui mobilise le terme « Anthropocène », il s'inscrit dans un espace de controverse concernant des acteurs non spécialistes, ou aux spécialités disciplinaires hétérogènes, mais jouissant d'une plus large audience et susceptible d'engager un débat plus nourri qu'il n'avait été jusqu'alors. Cela se vérifie par la réponse de Crutzen et Steffen la même année, qui tentent d'inclure la proposition Ruddiman dans leur propre proposition tout en précisant les notions fondamentales des SST attachées à celle d'Anthropocène, insistant notamment sur la rupture de « fonctionnement » et l'accélération qui s'est produite après

⁹⁹⁵ W. F. RUDDIMAN et J. S. THOMSON, « The Case for Human Causes of Increased Atmospheric CH₄ Over the Last 5000 Years », *op. cit.*

⁹⁹⁶ C'est tout le thème d'un très beau livre de Stephen Jay Gould, historien des sciences et biologiste de l'évolution. S. J. GOULD, *Aux racines du temps*, Paris, Grasset, 1990

⁹⁹⁷ UNIVERSITY OF VIRGINIA, « William F. Ruddiman », sur *Department of Environmental Sciences at the University of Virginia*, s. d. (en ligne : <https://evsc.as.virginia.edu/retired-faculty> ; consulté le 11 octobre 2017)

1945⁹⁹⁸.

18.2 Réponse par un détour anticipé

A notre connaissance, ces thèses ne trouvent aucune réponse avant un article de commentaire signé par Crutzen et Steffen en 2003 dans la même revue. C'est l'occasion d'une élaboration plus consistante de la proposition initiale de Crutzen et Stoermer, et l'opportunité pour Steffen de s'associer au chimiste de l'atmosphère autant qu'à la question de l'Anthropocène. L'argument de Ruddiman y est qualifié d'« intrigant » et d'« étrange », car, avancent les auteurs, il paraît « arbitraire » de choisir le début de l'influence humaine au début de l'Holocène tout en admettant qu'il y a une sorte de plateau dans l'évolution de la concentration de CH₄ entre 1000 BP et 1700 – les auteurs ne relevant guère l'argument du CO₂⁹⁹⁹.

Contre ce qui leur paraît arbitraire et relevant d'une tendance trop ténue, donc peu significative, Crutzen et Steffen proposent un grand panorama des modifications environnementales engendrées par l'activité humaine depuis la fin du XVIIIe siècle. A cette fin, ils mobilisent une représentation synoptique de divers paramètres censés rendre compte de ces modifications, sous la forme d'un tableau de bord. Ce tableau est importé par Steffen d'un rapport important alors en préparation et dont il assume la direction (Figure 37)¹⁰⁰⁰. S'il se place dans la continuité de la tendance à la panoramique environnementale global, elle-même servant un projet diagnosticien des savoirs de la Terre de la fin du XXe siècle, comment comprendre l'insertion ce de véritable panorama environnemental ?

⁹⁹⁸ P. CRUTZEN et W. STEFFEN, « How Long Have We Been in the Anthropocene Era? », *Climatic Change*, vol. 61, décembre 2003, p. 251-257 La théorie de Ruddimann donne lieu à une enquête dans la revue *Nature* en 2004, voir B. MASON, « Climate change », *op. cit.*

⁹⁹⁹ P. CRUTZEN et W. STEFFEN, « How Long Have We Been in the Anthropocene Era? », *op. cit.*

¹⁰⁰⁰ W. STEFFEN (éd.), *Global change and the Earth System: A Planet Under Pressure*, Berlin ; New York, Springer, coll. « Global Change - The IGBP Series », 2004, p. 144-145

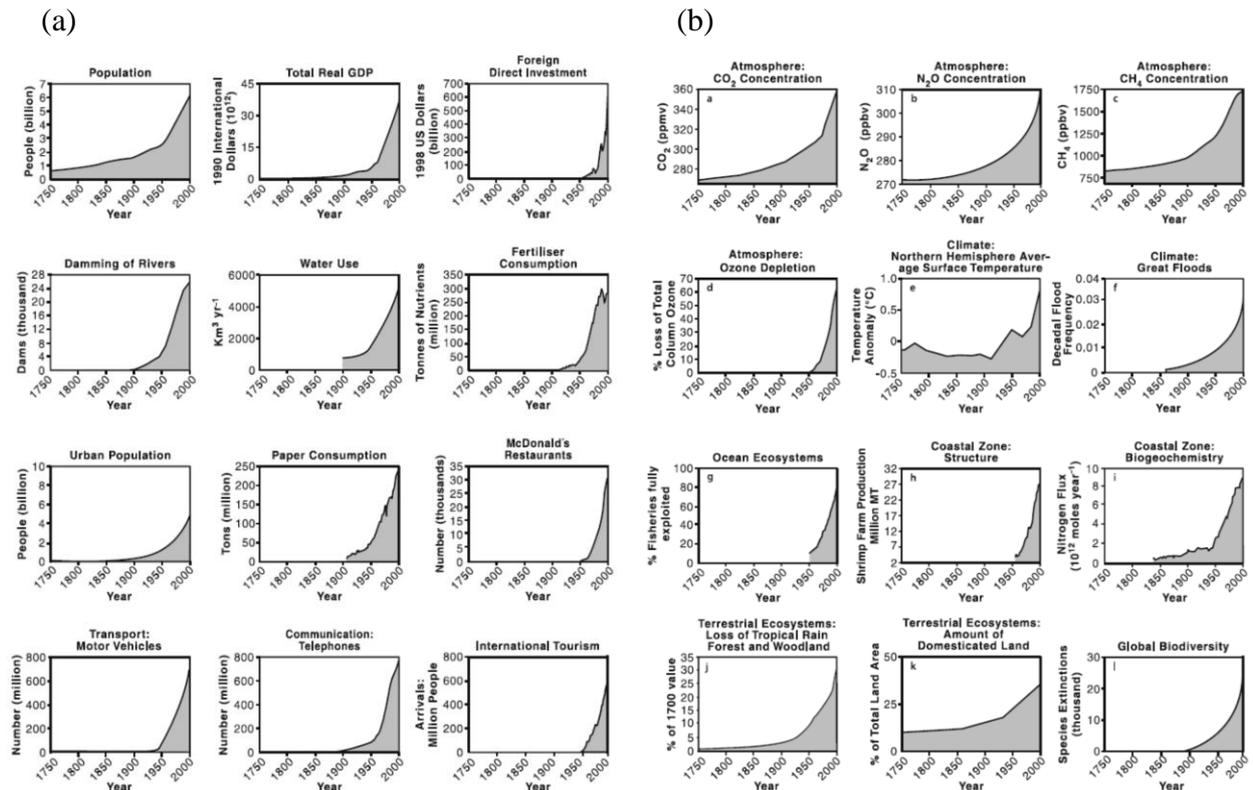


Figure 37 – Panorama des « changements du système Terre ». (a) « Taux de changements de l'activité humaine ». (b) « Changements au sein du système Terre à l'échelle globale provoqués par l'activité humaine ». Plus que le détail des courbes, il s'agit ici de restituer à l'aide de ces figures le type de technique intellectuelle utilisée comme panorama. On observera qu'il s'agit de mettre en évidence l'accroissement synchrone d'une série d'entités représentant d'une part l'action humaine et d'autre part l'état de la Terre. De plus, les différences entre les deux versions restent suffisamment mineures pour les analyser¹⁰⁰¹.

Il convient tout d'abord de remarquer que cette technologie intellectuelle sera reprise dans les principales publications définitives de la notion d'Anthropocène provenant des acteurs associés aux SST : on peut même affirmer que l'association constante de ce panorama avec la notion d'Anthropocène suit à la trace la participation de Steffen à ce sujet. Articulant la multiplicité des indicateurs locaux, se faisant alors symptômes, ce panorama constitue le global propre à la définition de l'Anthropocène pour les SST. Il offre une représentation de l'environnement global comme espace total en crise, qui fait problème, et justifie également l'introduction d'une nouvelle séquence temporelle, comme nous allons le voir. Mais examinons auparavant son contexte de publication.

Le tableau symptomatique de l'Anthropocène est élaboré dans le contexte d'une publication dirigée par Steffen qui paraît sous le titre *Global change and the Earth System : A*

¹⁰⁰¹ *Id.*

Planet Under Pressure en 2004, donc postérieurement à l'article de Crutzen et Steffen en réponse à Ruddiman¹⁰⁰². C'est ainsi à la lumière de ce rapport qu'il faut lire ce tableau. Ce dernier se présente comme une synthèse majeure des travaux traitant des changements environnementaux globaux des SST et de la description des processus géochimiques de la Terre menés depuis les années 1990. Dans cette synthèse, sont impliqués les principaux programmes mentionnés : IGBP, WCRP, IHDP et DIVERSITAS¹⁰⁰³. L'assemblée des auteurs inclut des spécialistes et praticiens reconnus, comme Hans Schellnhuber dans le domaine de la modélisation du climat ; Peter Tyson directeur du Climatology Research Group et depuis 2002 Vice-président de l'International Council of Science Unions (ICSU) – mais aussi des acteurs de la coordination de la recherche internationale, davantage éloignés de la pratique scientifique ici concernée mais habitués de la littérature grise, comme Steffen, directeur exécutif de l'IGBP jusqu'en juin 2003 ou Jill Jäger, directrice de l'IHDP de 1999 à 2002 et membre du Sustainable Europe Research Institute (SERI) ou encore Berrien Moore III que nous avons déjà croisé dans la partie 3. En revanche tous les auteurs, à l'exception du géographe environnemental britannique Franck Oldfield, ont fait partie du comité scientifique de l'IGBP au début des années 2000¹⁰⁰⁴ et nombre d'entre eux (Matson, Richardson, Wasson, Steffen, Moore III) ont fait partie avec d'autres (Crutzen et Bolin notamment) d'un groupe de réflexion informel destiné à développer une stratégie de communication de long terme pour l'IGBP¹⁰⁰⁵.

S'il s'agit bien d'une synthèse des travaux de recherche, celle-ci est également articulée avec des chapitres touchant à l'organisation sociale et économique du modèle de développement réputé à l'origine des changements écologiques. Le terme « Anthropocène » est analysé dans un chapitre entier décrivant comment « les humains sont en train de changer le système Terre ». Là encore, c'est la « Révolution industrielle » qui produit une rupture dans une histoire de l'influence humaine millénaire : pour la première fois, et de conserve avec l'avènement des « systèmes énergétiques » fondés sur les combustibles fossiles (*fuel*), l'humanité est en mesure d'avoir une influence planétaire. Selon les auteurs, c'est bien la différence de « *fonctionnement* » qui établit la rupture sur laquelle se fonde la caractérisation

¹⁰⁰² Il est intéressant de remarquer que c'est encore le terme de « *Global change* » qui titre l'ouvrage et non celui d' « Anthropocène » : ce dernier n'est donc pas encore parvenu à supplanter le premier, ce qui sera le cas quelques années plus tard.

¹⁰⁰³ P. J. CRUTZEN, « Anti-Gaïa », dans W. L. Steffen *et al.* (éd.), *Global change and the Earth system: a planet under pressure*, Berlin ; New York, Springer, coll. « Global Change - The IGBP Series », 2004, p. 72

¹⁰⁰⁴ Voir les rapports annuels de l'IGBP entre 2002 et 2004.

¹⁰⁰⁵ IGBP, *IGBP Annual Report 2002*, Stockholm, ICSU, 2002, p. 4545. Si le rapport est signé de ces auteurs, il a été revu entièrement par Crutzen, Ian Lowe et Colin Prentice respectivement chercheurs dans le domaine des STS et écologue et professeur de biogéochimie. Plus d'une centaine de chercheurs sont également remerciés pour leur relecture et contribution.

de l'Anthropocène, le changement climatique n'étant qu'un aspect parmi d'autres de ces bouleversements. Les moteurs (*drivers*) des changements écologiques regroupent population, activités industrielles, agriculture, production d'énergie, urbanisation, industrie du loisir et commerce international. Ils sont décrits grâce à des indicateurs quantitatifs supposés mesurer leur taille relative : valeur monétaire, masse et nombre de déchets industriels, masse et équivalent pétrole de la consommation énergétique, masse de céréales et de viande, de pesticides et d'engrais, croissance du marché du tourisme, etc¹⁰⁰⁶.

Dans la lignée des rapports de SCOPE des années 1970, l'influence des activités humaines sur la Terre y est décrite à travers ses différentes « composantes », renvoyant ici au partage connu entre atmosphère, zone côtières, océans, sols, etc. Comme dans celui de Crutzen, le récit de l'« Anthropocène » comporte des témoins éclairés (Humbolt, Marsh) de ce qui ne fut que « la première vague de la transformation des sols »¹⁰⁰⁷. Cependant le récit plonge ses racines aux origines d'*homo sapiens* en faisant succéder les « chasseurs-cueilleurs », les premières techniques modifiant les environnements (ici, le feu), l'extinction de la mégafaune, la domestication des plantes, l'invention de l'agriculture conjointe à celle de l'Etat¹⁰⁰⁸, l'échange colombien¹⁰⁰⁹. Les auteurs remarquent à ce titre que les termes d'« impérialisme écologique » ou d'« européanisation du biote global », notamment utilisé par l'historien de l'environnement Alfred Crosby dans les années 1980, sont des « termes émotifs » qui peuvent « exagérer les effets »¹⁰¹⁰. C'est également l'occasion d'une transition vers un large diagnostic environnemental décrivant tour à tour l'influence humaine dans les « composantes » du « système Terre ». Nous reproduisons ici un tableau synthétique de ces composantes et de la « symptomatologie » associée, à savoir par lesquels indices est mesurée l'influence humaine dans chaque composante (Tableau 18).

Sols	Anthropisation des sols ; usage de la production primaire de la végétation terrestre ; taux de déforestation tropicale
Atmosphère	Emissions de particules (suie aérosols) ; émissions de GES (CO ₂ , CH ₄ , N ₂) ; émissions de photo-oxidants (NO _x , CO, hydrocarbures) ; émissions de polluants (Mercure, plomb)

¹⁰⁰⁶ W. STEFFEN (éd.), *Global change and the Earth system, op. cit.*, p. 81-90

¹⁰⁰⁷ *Ibid.*, p. 95-96

¹⁰⁰⁸ Ce lien n'a rien d'évident, comme l'a bien montré J. C. SCOTT, *Homo domesticus : une histoire profonde des premiers États*, M. Saint-Upéry (trad.), Paris, la Découverte, 2019

¹⁰⁰⁹ W. STEFFEN (éd.), *Global change and the Earth system, op. cit.*, p. 96.

¹⁰¹⁰ Voir l'ouvrage initialement publié en 1986 A. W. CROSBY, *The Columbian exchange: biological and cultural consequences of 1492*, Westport, Conn, Praeger, 2003

Cycle de l'eau	Modification des flux hydriques horizontaux (réservoirs, barrages, canaux, pompage) ; et verticaux (modification des sols)
Environnements côtiers et marins	Modifications des flux de nutriments et de sédiments (réservoirs, barrages, canaux, pompage) ; pollutions ; pêche
Diversité biologique	Taux d'extinction des espèces (sixième extinction) ; changement de la couverture des sols (fragmentation des habitats, espèces invasives) ; surexploitation des océans et zones côtières ; chute des populations (nombre d'individus) ; extinctions des fonctions écosystémiques
Flux (Carbone, Azote, phosphore et soufre)	Emissions (CO ₂) ; changement des sols (surtout déforestation) ; fixation (atmosphère-sol) de N (production engrais) ; oxydation de l'azote (combustion) ; émissions (NO _x , N ₂ O) ; extraction minière (P) ; combustion-oxydation (SO ₂).

Tableau 18 – Récapitulation des symptômes de l'influence de l'activité humaine sur les « composantes » du « système Terre »¹⁰¹¹.

Au terme cette description, les auteurs reviennent sur l'aspect global et systématique des changements écologiques menaçant les « fonctionnements » du « système Terre » entendu « [...] comme un tout qui n'est pas encore totalement compris et qui peut entraîner une augmentation de la probabilité de surprises¹⁰¹². » C'est ici qu'est introduit pour la première fois le tableau de bord comme « une tentative de définir quelques indicateurs clé qui capturent le changement de nature des sociétés humaines à ce moment crucial du développement de la relation humain-environnement. » En commentant ce panorama historique et planétaire, les auteurs remarquent que la plupart des indicateurs atteignent un « point de décollage » au milieu du XXe siècle pour ensuite accélérer drastiquement. « La seconde moitié du vingtième siècle est unique dans l'histoire entière de l'existence humaine sur Terre¹⁰¹³. »

Divisé en deux parties, le tableau de bord est pensé pour montrer, à l'aide d'indicateurs, cette accélération de l'activité humaine (population, PIB, nombre de téléphones, de restaurants McDonald's, etc.) d'une part et d'autre part des changements de « fonctionnements » (concentration de CO₂ atmosphérique, grandes inondations, exploitation des ressources halieutiques, etc.). Cette présentation semble ne donner pour périodisation qu'une rupture assez radicale entre une histoire d'une humanité modifiant son environnement depuis les débuts de l'Holocène et les décennies qui nous séparent de la Seconde Guerre

¹⁰¹¹ W. STEFFEN (éd.), *Global change and the Earth system*, op. cit., p. 80-134

¹⁰¹² *Ibid.*, p. 134

¹⁰¹³ *Ibid.*, p. 111

mondiale, cependant, rien n'est discuté explicitement sur ce point précis. Finalement, selon les auteurs, il peut être dit des conséquences des activités humaines sur la Terre qu'elles approchent, sinon excèdent, en ampleur les « grandes forces de la nature » ; à des vitesses bien supérieures à celles de la « variabilité naturelle » ; et que *pris ensemble*, ces facteurs ont produit un état sans analogue dans « la dynamique et le fonctionnement du système Terre¹⁰¹⁴. »

De par son caractère œcuménique, ce rapport est crucial car il fixe une description de référence de l'Anthropocène pour les communautés de recherche que recouvrent les SST. Mais il ne s'agit pas non plus d'une expression univoque et formelle de ce à quoi peut se rapporter la notion d'Anthropocène, même au sein des SST. Comme nous le verrons par la suite, celle-ci n'a rien de neutre : les notions de « fonctionnement », de « système Terre », d'incertitude, de surprise, de même que les technologies intellectuelles mobilisés dans les écrits qui seront publiés par la suite sur l'Anthropocène ; tous ces éléments qui sont articulés à la notion d'Anthropocène ne le sont pas systématiquement par les acteurs des SST, mais au contraire correspondent à un cercle plutôt réduit de promoteurs de la notion sans laquelle, peut-être, celle-ci n'aurait pas rencontré le succès qu'on lui connaît aujourd'hui.

Dans leur réponse à Ruddiman en 2003, Steffen et Crutzen mobilisent le panorama environnemental comme d'une manière d'illustrer que « [...] l'empreinte humaine sur l'environnement global est clairement discernable au-delà de la variabilité naturelle. Toutes les composantes du Système Terre – atmosphère, sol, océan, zone côtière – sont en train d'être significativement affectés par les activités humaines¹⁰¹⁵. » En outre, les auteurs font observer que depuis 1950, il serait plus adéquat de parler de *domination* humaine sur l'environnement global que d'influence. Cet « état sans analogue » (*no analogue state*), également « non soutenable », que connaît dès lors la Terre se caractérise en trois points :

- (i) l'influence humaine à la fois sur la « structure » du système Terre (état des sols et des zones côtières) et sur son « fonctionnement » (cycles biogéochimiques) est d'une magnitude désormais équivalente ou supérieure à « de nombreuses forces de la nature » ;
- (ii) les vitesses de changement correspondant sont presque plus importantes que celles de la « variabilité naturelle » ;
- (iii) tous ces changements se produisent simultanément.

De façon tout à fait surprenante, Crutzen et Steffen proposent une première périodisation explicite de l'Anthropocène : un premier moment, « modeste », identifié par Ruddiman, dont l'argument est finalement reconnu et intégré ; un deuxième démarrant à la fin

¹⁰¹⁴ *Ibid.*, p. 134

¹⁰¹⁵ P. CRUTZEN et W. STEFFEN, « How Long Have We Been in the Anthropocene Era? », *op. cit.*, p. 253

du XVIIIe siècle, selon la proposition initiale de Crutzen ; un troisième caractérisé par une « accélération significative » depuis 1950, mais aussi seule signifiante du point de vue « du fonctionnement du système Terre comme un tout »¹⁰¹⁶. La conclusion rappelle que la conscience de ces changements existait déjà au XIXe siècle et au début du XXe siècle, et s'ouvre sur cet espoir que « le quatrième moment » de l'Anthropocène « ne sera pas davantage caractérisé par la continuation du pillage des ressources de la Terre et le déversement de quantités excessive de polluants dans l'environnement ». Les auteurs en appellent à un management environnemental soutenu par des techniques « améliorées », à un usage « sage » des ressources, à un « contrôle des populations humaines » et des animaux domestiques, et plus généralement à une « restauration de l'environnement », « en bref, une intendance [*stewardship*] responsable du système Terre¹⁰¹⁷. »

18.3 Conclusion

La réponse à Ruddiman a conduit Crutzen et Steffen à élargir leur champ : non seulement ils nouent de manière systématique nature et société (au lieu de se contenter de parler d'influence) mais ils proposent un panorama qui n'est pas statique. Ils esquissent une dynamique (peut-être pas encore sous la forme d'un grand récit) en trois temps mettant davantage l'accent sur les variations de tempo (accélération) que sur la nature des acteurs humains. L'argument-clé qui permet de dépasser l'hypothèse de Ruddiman et de déterminer la proportion relative de l'influence humaine sur les cycles biogéochimiques repose sur les notions empruntées aux SST (la notion de système et de fonctionnement du système) que Crutzen n'utilisait pas dans ses propres publications quoi qu'il utilise bien la notion de cycle. Ceci même lorsqu'il entend soulever la complexité, l'instabilité et l'imprédictibilité des processus chimiques de l'atmosphère comme l'indique son intervention à Amsterdam.

Or la périodisation compréhensive des auteurs a pour vocation de souligner que l'enjeu est celui de la dynamique des changements dont ils dressent le tableau : avançant le critère fonctionnel-holistique – la Terre comme un *tout* qui change de *fonctionnement* –, ils y ajoutent l'« accélération » et la période de réconciliation. De plus, il y existe une différence importante en termes de recommandations politiques, ou en tout cas d'appels à l'action, à la fois du point de vue de la dramatisation (pas de recours aux possibles catastrophiques) et de leur contenu.

¹⁰¹⁶ *Id.*

¹⁰¹⁷ *Ibid.*, p. 245-256

Pouvons-nous par conséquent supposer que Steffen traduit ainsi la proposition de Crutzen dans et grâce à l'appareil notionnel des SST dont l'appel d'Amsterdam expose les principaux traits et qui sont alors en cours de synthèse dans la rédaction du rapport de 2004, *Global change and the Earth System* ?

Comme nous allons le voir, c'est ce que laisse entendre l'examen des publications qui suivent. Plus généralement, on observe une suite de publications définitives qui sont fortement inspirées de ce qui se publie dans le champ des SST durant les années 2000. Si Crutzen cosignera parfois ces dernières, il n'est pas l'acteur qui innovera la définition de l'Anthropocène au sein de ces savoirs.

Vascularisation dans les arènes des SST

For the first time, a major shift in the state of the Earth System was proposed on the basis of direct observations of changes in the Earth System, without specific reference to evidence in the stratigraphic record¹⁰¹⁸.

— Will Steffen *et al.*, 2015

Au beau milieu des années 2000, la notion d'Anthropocène circule déjà largement au sein des savoirs de la Terre. Dans la littérature de l'IGBP, qui consiste principalement en des rapports de synthèse généraux à propos du « système Terre » ou de ses aspects spécifiques (cycles biogéochimiques, cycle de l'eau, paléoclimatologie, etc.), ou encore d'études régionales (Afrique, Europe, Asie, Amériques, Océanie), le terme « Anthropocène » fleurit sans connaître toutefois une inflation importante (Tableau 19). A ce stade, le concept d'Anthropocène ne circule que dans un cercle restreint mais étendu de spécialistes du climat, de la chimie de l'atmosphère, de l'hydrologie globale, d'océanographie, etc. bref, dans le milieu qui s'intéresse au « système Terre », dont le périmètre inclut notamment les individus qui font partie du réseau de l'IGBP ou qui ont un besoin pratique de la littérature produite par cette institution.

¹⁰¹⁸ W. STEFFEN *et al.*, « Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet », *Science*, vol. 347, n° 6223, 13 février 2015, p. 11

Publication	Date	N_index	P_Intro	N_occ
Steffen et al. 2002	2002	1	0	2
Tyson et al. 2002	2002	2	1	2
Rodo et Comin 2003	2003	0	0	0
Brasseur et al. 2003	2003	1	1	2
Alverson et al. 2003	2003	5	1	6
Fasham 2003	2003	0	0	0
Gregory et Benito 2003	2003	0	0	0
Kabat et al. 2004	2004	5	0	5
Steffen et al. 2004	2004	3	1	7
Crossland et al. 2005	2005	2	1	4
Lambin & Geist 2006	2006	0	0	0
Canadell et al. 2007	2007	0	1	1
Battarbee et Binney 2008	2008	6	1	8
Liu et al. 2010	2010	0	0	0

Tableau 19 – Présence du terme « Anthropocène » dans la série des IGBP Book Series, série constituée de synthèses de l'IGBP, institution incontournable des SST. N_Index renvoie aux nombres de mention du terme en index de l'ouvrage ; P_Intro renvoie à la présence (=1) ou à l'absence (=0) du terme en introduction de l'ouvrage ; N_occ renvoie au nombre d'occurrences du terme hors-paratexte (en excluant les notes, références bibliographiques, index, mots clés)

En outre, nous avons également affaire, comme dans le cas de la réponse de Crutzen et Steffen à Ruddiman, à une réécriture permanente de l'énoncé « Anthropocène ». Nous pouvons tracer cette trajectoire d'énonciation au fil des multiples interventions de Crutzen et Steffen, mais aussi à travers les différents espaces au sein desquels ces interventions sont données. Nous pouvons mettre en évidence trois espaces principaux de circulation, qui correspondent également à des moments de réécriture, et donc de traduction, de l'énoncé « Anthropocène ». Il s'agit d'abord de deux éditions des Dahlem Konferenzen (Dahlem Workshops) réunissant un grand nombre d'acteurs des SST. Ces conférences, créées à l'initiative de la German Science Foundation et de l'Association for the promotion of science research in Germany en 1974, ont pour but d'organiser des travaux interdisciplinaires de haut niveau autour de problèmes pour lesquels il s'agit, par le procès d'échanges et de rencontres durant deux ans, de tracer des questions de recherche au cours d'un colloque. Jusqu'à leur arrêt en 2012, ces 102 conférences-atelier traitant tour à tour d'économie, de psychologie, de biologie, de mathématiques, de droit ou encore de physique publient ainsi des rapports synthétisant une perspective de recherche internationale sur chacun des problèmes abordés, offrant ainsi une fenêtre sur la façon dont certains milieux de recherche s'approprient des problèmes généraux. On comprend ainsi que ces conférences aboutissent certes à des rapports,

mais consistent bien en des arènes où, par l'intermédiaire des acteurs qui y sont mobilisés, se rencontrent et sont véhiculées des idées. La troisième arène principale est une conférence organisée par l'Académie des sciences du Vatican. Ce n'est pas la première fois que cette vénérable institution convoque un important panel d'experts mondialement reconnus, notamment sur des sujets proches des questions écologiques. En effet de nombreuses conférences ont ainsi été organisées dans l'Etat théocratique depuis les années 1970.

A travers ces trois publications qui mobilisent de nombreux acteurs des SST autour des changements écologiques globaux, le terme « Anthropocène » circule largement au cœur de ce qui se présente comme des synthèses de ce champ de recherche, mais aussi dans la façon dont les acteurs de ce champ adressent un discours d'expert à l'extérieur de leur champ. Nous avons choisi de concentrer le propos sur l'examen des publications regroupant un nombre important d'acteurs des SST, considérant d'une part que ce sont ces acteurs qui s'emparent de la notion d'Anthropocène d'une part, et d'autre part que ces publications témoignent *a minima* d'accords éditoriaux voire de la construction d'un vocable commun. Comme nous le verrons, ces arènes sont révélatrices à la fois du réseau d'énoncés dans lequel circule le concept d'Anthropocène, mais aussi des associations entre acteurs qui s'opèrent et donnent lieu à des transactions qui n'évacuent pas de réelles divergences.

19.1 Les sciences internationales comme arènes de circulation

Peu après la publication de *Global Change and the Earth System*, deux Dahlem Workshops enrichissent la production d'écrits sur l'Anthropocène. Le premier aboutit à une publication en 2004 sous le nom *Earth System Analysis for Sustainability*. Constitué de contributions hétérogènes, les objectifs fixés concernent à la fois des exigences scientifiques (« compréhension du fonctionnement du système Terre durant le bas Quaternaire ») mais aussi plus orientés vers les études politiques (penser les institutions capables de prendre en charge une gestion des cycles biogéochimiques)¹⁰¹⁹. Cependant, ce sont bien des problèmes et des acteurs relevant du champ des SST qui prédominent : approche modélisatrice insistant souvent sur la nature systémique de la Terre et les attributs afférents (non-linéarité, complexité, espace de phase, modalités opérationnelles et fonctionnements du « système Terre »). Dans ce cadre, le terme « Anthropocène » est abondamment utilisé, mais le plus souvent pour désigner de manière commode la Terre en tant qu'elle est altérée par les conséquences d'activités humaines,

¹⁰¹⁹ H. J. SCHELLNHUBER *et al.* (éd.), *Earth System Analysis for Sustainability*, Cambridge (Mass), MIT ; Dahlem University Press, coll. « Dahlem Workshops reports », 2004

en continuité avec ce que nous avons déjà remarqué¹⁰²⁰, y compris le fait que la notion est rarement développée pour elle-même¹⁰²¹. Le rapport de 2004, *Global Change and the Earth System*, est très souvent cité comme fondement empirique et référence sur ce diagnostic, mais son tableau de bord n'est jamais reproduit¹⁰²².

Le deuxième atelier des Dahlem Series en 2005 est dédié aux questions environnementales globales dont l'intitulé *Sustainability or Collapse : An Integrated History Of People on Earth*, a servi à baptiser le programme IHOPE d'histoire environnementale qui se développera au début des années 2010. Comme l'indique Schellnhuber, l'ambition du rapport de 2007 n'est rien moins que « de raconter la grande histoire de l'aventure humaine au cours de son existence sur la terre », à travers un « récit scientifique décrivant et expliquant comment la civilisation humaine s'est développée comme une partie de la nature et, de ce fait, en perpétuelle interaction matérielle, sensorielle et spirituelle avec son environnement support de vie¹⁰²³. »

De plus, une partie des travaux présentés a pour objectif de déterminer des façons de tracer l'anatomie du futur grâce à scénarios construits à l'aide de modèles, comme en témoigne la contribution de Dennis Meadows, ancien chercheur au Massachusetts Institute of Technology (MIT) connu pour avoir co-écrit le rapport *The Limits to Growth* au début des années 1970 à la demande du Club de Rome. Les contributions s'intéressent tour à tour aux histoires environnementales aux échelles de temps du millénaire, du siècle et de la décennie, faisant en cela écho à l'approche que Fernand Braudel développait dans son histoire de la Méditerranée¹⁰²⁴. Les acteurs des SST tels que Crutzen, Steffen ou Lambin sont en minorité par rapport aux historiens et plus largement aux acteurs du champ des SHS, dont des anthropologues et des économistes. Parmi les contributeurs, on peut relever la présence de Joseph Tainter, auteur d'un ouvrage important sur la question de l'effondrement des sociétés complexes¹⁰²⁵, Richard Grove historien de l'environnementalisme et de l'« impérialisme

¹⁰²⁰ Voir notamment le chapitre 17.

¹⁰²¹ Le rapport présente également un second type d'approche qui tente d'éclairer l'Anthropocène comme phase de l'histoire de la longue relation entre humanité et écosystèmes, s'appuyant donc sur une approche plus historique que systémique, mais aussi des tentatives de modéliser les facteurs « humains. »

¹⁰²² Tout comme cela était déjà le cas chez P. M. VITOUSEK *et al.*, « Human Domination of Earth's Ecosystems », *op. cit.*

¹⁰²³ R. COSTANZA, L. J. GRAUMLICH et W. STEFFEN (éd.), *Sustainability or Collapse? An Integrated History and Future of People on Earth*, Cambridge, MIT Press, 2007, p. xviii

¹⁰²⁴ F. BRAUDEL, *La Méditerranée et le monde méditerranéen à l'époque de Philippe II.*, Paris, Colin, 1990, vol. 2/2 ; F. BRAUDEL, *La Méditerranée et le monde méditerranéen à l'époque de Philippe II.*, Paris, A. Colin, 1990, vol. 1/2

¹⁰²⁵ J. A. TAINTER, *The Collapse of Complex Societies*, Cambridge, Cambridge University Press, 2011

vert »¹⁰²⁶, John McNeill, alors auteur d'une importante somme sur l'histoire de l'environnement du XXe siècle¹⁰²⁷. Chez les économistes, on peut mentionner la présence de Robert Costanza qui théorise et popularise dès les années 1990 l'économie écologique et développe notamment les notions de « capital naturel » et de « service écosystémique », avant de cosigner le rapport avec Steffen et l'écologue Lisa Graumlich¹⁰²⁸.

Contrairement au précédent Dahlem Workshop, ce rapport ne témoigne pas d'une appropriation extensive de la notion d'Anthropocène par les acteurs mais plutôt d'un mouvement inverse. En effet, le terme est peu utilisé, même dans le chapitre auquel contribuent Steffen et Crutzen¹⁰²⁹. Sans doute, la composition disciplinaire de cet atelier explique-t-elle ce retrait de la notion d'Anthropocène dans la mesure où les acteurs centraux des SST y occupent une place plus périphérique : l'enjeu est moins de décrire et qualifier une époque ou l'ampleur des altérations du globe, que d'échafauder un grand récit environnemental global. Cela confirme, négativement, qu'au milieu des années 2000, la notion d'Anthropocène circule avant tout dans le milieu des SST.

Nous pouvons mentionner une troisième arène, quoique moins centrale pour notre problème. A l'invite de l'Académie des sciences du Vatican, un séminaire sur les changements globaux et la santé humaine s'est tenu à la fin de l'année 2004. Parmi les participants, figurent Crutzen, organisateur scientifique de l'événement, Ramanathan, qui ne tardera pas à découvrir sa foi chrétienne, Michel Meybeck, hydrologue français reconnu pour ses travaux sur les systèmes hydriques mondiaux, Ruddiman, Wolfgang Sachs, connu pour ses critiques du concept de développement¹⁰³⁰, Eric Lambin géographe belge et membre en 2003 du comité de pilotage scientifique de l'IGBP, mais aussi directeur du programme LUCC de l'IGBP (2004-2005), et enfin Steffen. Cette conférence diffère des Dahlem Workshops dans la mesure où elle invite les scientifiques à présenter un état de la recherche à une instance qui n'est pas reconnue comme une institution scientifique – quoiqu'elle se présente comme une *académie*. Les chercheurs et chercheuses ne sont pas invités à travailler ensemble sur de nouvelles formulations de problèmes ou des mises en perspectives de la recherche, mais plutôt à développer devant une assemblée réduite mais, largement interdisciplinaire, des vues

¹⁰²⁶ R. H. GROVE, *Green Imperialism: Colonial Expansion, Tropical Island Edens and the Origins of Environmentalism, 1600-1860*, Cambridge, Cambridge University Press, 1997

¹⁰²⁷ J. R. MCNEILL, *Something New Under the Sun: an Environmental History of the World in the 20th Century*, London, Penguin, 2001

¹⁰²⁸ R. COSTANZA *et al.*, « The value of the world's ecosystem services and natural capital », *Nature*, vol. 387, n° 6630, mai 1997, p. 253-260

¹⁰²⁹ Cinq sur un document de plus de 500 pages, si l'on omet les bibliographies.

¹⁰³⁰ W. SACHS et G. ESTEVA, *Des ruines du développement*, Montréal, Éditions Écosociété, 1996

synthétiques de leur champ sur une question qui leur est posée au préalable. De plus, comme l'explique Crutzen, le séminaire a pour objectif d'explorer les relations entre « les changements globaux », la santé humaine, notamment la circulation et l'évolution des maladies, et le développement socio-économique. Par conséquent, la centralité des discours pouvant concerner l'Anthropocène est moindre que dans les cas précédents, mais l'événement est intéressant au double titre qu'il réunit Ruddiman, Crutzen, Meybeck et Steffen et qu'il s'agit également d'un moment de mise en circulation du terme « Anthropocène ».

Dans ces trois arènes, les questions relatives aux changements écologiques de grande échelle sont travaillées non seulement avec l'appareil conceptuel des SST mais également avec des acteurs provenant des SHS et d'organisations intergouvernementales introduisant des thèmes relatifs à l'organisation des savoirs ou aux politiques de développement. Le champ lexical systémique rapporté à la Terre et la façon dont celui-ci sert à caractériser ce dont relève l'Anthropocène constitue un aspect remarquable de ces publications. De même, l'analyse de ces textes confirme d'une part l'ancrage du terme « Anthropocène » dans le milieu précis des SST, et, d'autre part, le fait qu'il a bel et bien circulé auprès d'acteurs appartenant aux SHS dès le milieu des années 2000 dans un contexte scientifique international. Autour de ces trois arènes, nous pouvons mettre en lumière un processus de négociation entre les deux acteurs dans la mesure où ce sont eux qui la prennent pour objet principal de leur discours, qui se demandent explicitement comment définir et caractériser cette notion, contrairement aux autres acteurs qui la mobilisent seulement de manière accidentelle. Bien que tous deux étroitement liés autant à la communication de l'IGBP qu'à la poursuite des études menées dans ce cadre¹⁰³¹, ils forment différemment leur diagnostic environnemental et les enjeux du présent. En analysant précisément leurs contributions respectives, nous pouvons souligner les différents cadrages des composantes de la notion d'Anthropocène qu'ils portent.

19.2 Incertitudes et totalité

Au cours de son intervention à la conférence d'Amsterdam, Crutzen présente un état des lieux des connaissances de la chimie atmosphérique à l'heure de l'Anthropocène¹⁰³² mais ne se limite guère à recenser quantitativement les émissions de GES anthropiques. En

¹⁰³¹ Rappelons que Crutzen fait partie des « Ambassadeurs de l'IGBP » et Steffen en a été le directeur.

¹⁰³² W. STEFFEN, « Will Technology Spare the Planet? », dans W. Steffen *et al.* (éd.), *Challenges of a Changing Earth: Proceedings of the Global Change Open Science Conference, Amsterdam, the Netherlands, 10-13 July 2001*, Berlin, Heidelberg, Springer, 2003, p. 45 Si les actes sont publiés en 2003, la conférence a bien lieu en 2001. Quand bien même Crutzen aurait retravaillé sa contribution, il a certainement abordé les mêmes thèmes lors de son intervention.

s'appuyant sur l'exemple de la destruction de l'ozone atmosphérique, dont il est spécialiste, Crutzen remarque que personne n'avait anticipé les pertes massives d'ozone au-dessus de l'Antarctique et de l'Arctique durant les hivers et printemps. En effet, observe-t-il, on pensait que l'ozone n'agissait pas chimiquement avec d'autres gaz – notamment ceux introduits par l'activité humaine. Selon lui, cet épisode exhibe les limites des modèles et des prédictions et, par conséquent, doit susciter des interrogations sur les possibilités de prévision dont nous disposons au sujet des autres questions environnementales au niveau global : « On devrait se demander s'il existe d'autres points de non-retour [*breakpoints*] dont nous ne sommes pas au courant dans le Système Terre complexe¹⁰³³. »

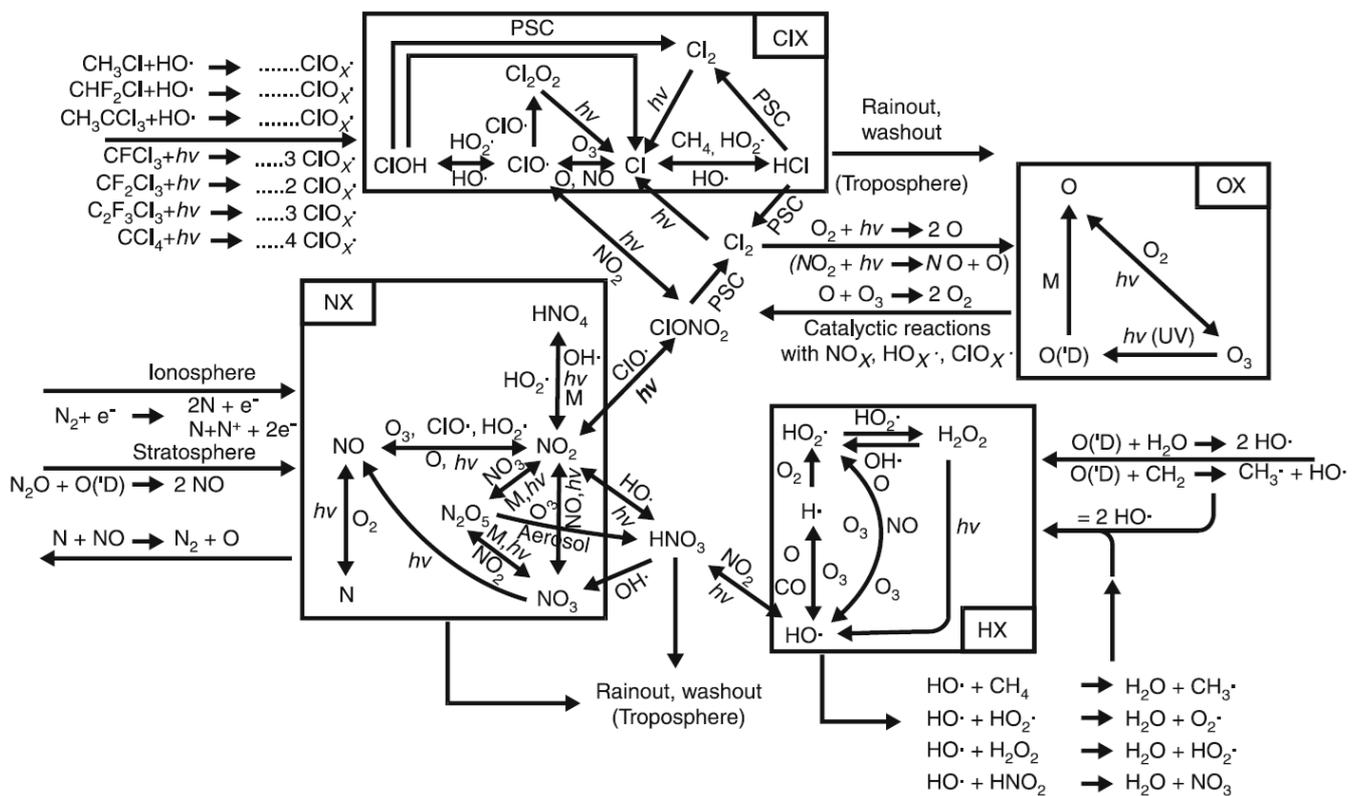


Figure 38 – « Un exemple de la complexité du système Terre », note Paul Crutzen. Il s'agit des réactions nécessaires pour décrire la chimie de l'ozone stratosphérique¹⁰³⁴.

Crutzen attache ainsi à la caractérisation de l'Anthropocène la question de la complexité et de la prédictibilité, qu'il illustre à l'aide d'un schéma résumant les réactions

¹⁰³³ P. J. CRUTZEN, « Atmospheric Chemistry in the "Anthropocene" », dans W. Steffen *et al.* (éd.), *Challenges of a Changing Earth: Proceedings of the Global Change Open Science Conference, Amsterdam, the Netherlands, 10-13 July 2001*, Berlin, Heidelberg, Springer, 2003, p. 45

¹⁰³⁴ *Ibid.*, p. 46

nécessaires à la description des réactions chimiques impliquant l'ozone dans la stratosphère (Figure 38). Le propos, par conséquent, n'est pas d'aider à la compréhension des processus qu'il a lui-même étudiés (ce n'est pas l'objet de l'article), mais de mettre en relief une forme de complexité, touchant à la fois aux possibilités de la recherche mais aussi à son objet même, le « système Terre ».

Dans leur contribution au Dahlem Workshop de 2004, Crutzen et Ramanathan précisent ce recours au « système Terre »¹⁰³⁵. Après avoir listé et détaillé les changements de conditions chimiques de l'atmosphère (effet de serre, pluies acides et radical hydroxyle, ozone, particules, etc.), et les inconnues afférentes, les auteurs, comme l'a déjà fait Crutzen par ailleurs, reviennent sur une comparaison entre les expériences de la réponse au problème de l'altération de la couche d'ozone à partir des années 1980 et de la prise en charge du changement climatique à la fin de cette même décennie. Crutzen et Ramanathan insistent sur les limites des savoirs de la chimie et de la physique atmosphériques, notamment aux petites échelles et soulignent que des processus instables peuvent se nicher sous une apparente régularité ou stabilité. Pour autant, les auteurs ne mettent pas vraiment au travail les notions de « système Terre », de « fonctionnement », de « complexité », et n'exploitent guère l'approche holistique. Ils mettent plutôt en garde contre les défauts des modèles, sans nier pour autant leur utilité heuristique, pour rappeler l'attention qu'il convient de porter aux surprises du « monde réel »¹⁰³⁶. Dans les faits, Crutzen a rarement recouru à la terminologie des SST. A ses yeux les surprises que nous réservent l'avenir viendront plutôt d'un manque de connaissance sur le système Terre que d'un système complexe saisi comme totalité.

Or c'est exactement ce sur quoi insiste volontiers Steffen. Dans la revue de sciences politiques *Carbon Balance and Management*, Steffen thématise l'Anthropocène à travers la métaphore de « géants assoupis » (*sleeping giants*) pour pointer la faiblesse des raisonnements qui fixent les objectifs en termes de température globale au sein des négociations internationales. En effet, selon Steffen, il faut prendre en compte la « nature systématique de l'environnement global », qui peut donner lieu à de brusques changements de « fonctionnement » du « système Terre ». Steffen exhorte les acteurs publics concernés par la question du carbone de passer « au-delà de la simple équation émissions humaines-CO₂ atmosphérique » à une conception « bien plus holiste » du cycle du carbone, comprenant

¹⁰³⁵ P. J. CRUTZEN et V. RAMANATHAN, « Atmospheric Chemistry and Climate in the Anthropocene: Where are we Heading ? », dans H. J. Schellnhuber, W. C. Clark et P. J. Crutzen (éd.), *Earth system analysis for sustainability*, Cambridge, Mass, MIT Press in cooperation with Dahlem University Press, coll. « Dahlem Workshop Reports », 2004, p. 265-292

¹⁰³⁶ *Ibid.*, p. 279-280

« dynamiques naturelles, rétroactions, non-linéarités et potentielles surprises »¹⁰³⁷.

L'intervention de Steffen et du géographe Lambin, lors de la session organisée par l'Académie pontificale va dans le même sens. Le « système Terre », toujours reconnu « à travers les âges » de l'humanité, signifierait aujourd'hui « une suite de cycles physiques, chimiques et biologiques et de flux énergétiques globaux interagissant qui fournissent les conditions nécessaires à la vie sur la planète¹⁰³⁸. » La périodisation proposée par les auteurs suit le même cheminement : avec la révolution industrielle, l'emploi d'énergies fossiles, les conséquences environnementales des activités humaines ont pris une dimension globale : à la fois de façon « cumulative » et du point de vue « systémique ». Les auteurs mobilisent le panorama de Steffen. Celui-ci « capture graphiquement la profonde transformation de l'aventure humaine [*human enterprise*] » et les altérations de celle-ci « sur la structure et le fonctionnement du système Terre. » Chaque face de ce tableau renvoie à la part humaine et à la part planétaire des « changements globaux » (*global change*) composante « du même système. » Signée par une accélération des tendances préexistantes, touchant *toutes* les composantes du « système Terre », la rupture des années 1950 altère une large portion des « fonctions » du « système Terre ». Ici, l'ampleur (*magnitude*) et les taux (*rates*) de changements sont également importants pour caractériser la singularité des « changements globaux.¹⁰³⁹ »

La contribution de Steffen et Lambin se conclut sur une redéfinition des « changements abruptes ». Reconnaisant que de tels changements se sont produits au cours de l'histoire de la Terre, ils précisent que seuls les changements rapides à l'échelle d'une vie humaines – quelques dizaines d'années tout au plus, comptent à leurs yeux. Ils en donnent deux exemples. D'abord celui de l'ozone atmosphérique, déjà décrit par Crutzen, dont la disparition risquait de frapper le sol terrestre par un rayonnement ultraviolet délétère pour les vivants. Le second exemple est celui de la circulation océanique de l'Atlantique Nord, plus connu sous le nom de Golf Stream et popularisé par le documentaire de l'ancien candidat à la présidence étatsunienne Al Gore. Ce processus océanique, censé garantir la relative douceur du climat européen, a connu au cours de l'histoire des basculements « extrêmement rapides » de température, jusqu'à 10°C en une décennie. Sans donner de perspective plus générale, les

¹⁰³⁷ W. STEFFEN, « The Anthropocene, Global Change and Sleeping Giants: Where on Earth are We Going? », *Carbon Balance and Management*, vol. 1, n° 1, 2006, p. 3

¹⁰³⁸ W. STEFFEN et E. LAMBIN, « Earth System Functioning in the Anthropocene: Human Impacts on the Global Environment », dans P. J. Crutzen et Pontificia Accademia delle scienze (éd.), *Interactions between global change and human health: 31 October -2 November 2004*, Vatican City, Pontifical Academy of Sciences, coll. « Pontificiae Academiae Scientiarum scripta varia », n° 106, 2006, p. 112-113

¹⁰³⁹ *Ibid.*, p. 115

auteurs signalent également la possibilité de tels changements brutaux pour les « systèmes humains », pouvant être amorcés par des changements d'ordre biophysique. De tels changements pourraient par exemple être causés par l'exacerbation des inégalités par le « changement global »¹⁰⁴⁰.

Comme on peut le constater, la caractérisation de ces changements s'appuie sur des exemples dont Crutzen pourrait se revendiquer. Cependant, chez Steffen, ils sont saisis en tant qu'illustration des comportements du « système Terre », ce qui va dans le sens de ce qu'indiquait le rapport de 2004¹⁰⁴¹. En effet, le terme de « changement abrupt », terme le plus couramment utilisé pour décrire les non-linéarités, se réfère habituellement aux « changements se produisant dans les traits majeurs du fonctionnement du Système Terre à une vitesse inattendue »¹⁰⁴². Alors que Crutzen en passait par un exemple pour évoquer ce qu'il est possible de prétendre savoir, et donc d'anticiper, Steffen pose *a priori* le « système Terre » comme entité déjà existante et possédant ce trait de la non-linéarité qui doit seulement par la suite être illustré à travers des processus dont on connaît en partie la versatilité. Tout se passe en effet comme si Steffen reconstruisait *a posteriori* l'ordre de l'existence, c'est-à-dire comme si ces processus possiblement rapides aux conséquences désastreuses étaient inscrits dans la nature même du « système Terre », alors que l'histoire de la recherche nous dit empiriquement le contraire¹⁰⁴³.

19.3 Technological fixes

Les écrits de Crutzen et Steffen se caractérisent notamment par leur aspect prescriptif, que cela passe par des appels à des conduites ou des politiques renouvelées ou encore par des prises de position implicites à propos de l'organisation de la société et de son rapport aux technologies. Mais là encore nous pouvons souligner des divergences importantes. Comme nous l'avons déjà remarqué, dès ses premiers articles sur l'Anthropocène Crutzen assigne aux scientifiques et ingénieurs le rôle de « guide de l'humanité »¹⁰⁴⁴, en charge d'une bonne gestion

¹⁰⁴⁰ *Ibid.*, p. 129-131

¹⁰⁴¹ La diminution de l'ozone stratosphérique est un exemple de la puissance des rétroactions des systèmes non-linéaires, et aussi un cas éclairant d'une instabilité chimique dans le système Terre de nature anthropogénique. La rapidité avec laquelle le trou d'ozone s'est développé est typique d'un changement de comportement abrupte par le dépassement d'un seuil. W. STEFFEN (éd.), *Global change and the Earth system*, *op. cit.*, p. 236

¹⁰⁴² W. STEFFEN et E. LAMBIN, « Earth System Functioning in the Anthropocene: Human Impacts on the Global Environment », *op. cit.*, p. 129

¹⁰⁴³ Il s'agit d'un cas classique de réordonnancement du monde qui fait la différence entre ce qu'on pourrait appeler un front de recherche et le processus de sédimentation propre aux savoirs scientifiques. Voir B. LATOUR, *Nous n'avons jamais été modernes : essai d'anthropologie symétrique*, Paris, La Découverte, 2010

¹⁰⁴⁴ P. J. CRUTZEN et E. STOERMER, « The Anthropocene », *op. cit.* ; P. J. CRUTZEN, « Geology of Mankind », *op. cit.*

des ressources et des projets de géo-ingénierie. Ailleurs, Crutzen précise ses suggestions. En 2002, dans le cadre d'une session d'un European Research Course on Atmosphere (ERCA), que suivirent plus de quatre cent cinquante participants¹⁰⁴⁵, Crutzen indique d'autres possibilités. En effet, précise-t-il, face au péril, « il y a d'énormes opportunités technologiques » : la capture d'une énergie photovoltaïque extrêmement abondante sur Terre ; la fusion nucléaire ; le recyclage ; les gains d'efficacité énergétique ; et des techniques agricoles plus efficaces, ce qui pourrait, ajoute l'auteur, permettre de rendre à leur « état naturel » des espaces aujourd'hui occupés¹⁰⁴⁶. Plus étonnant sans doute mais dans la continuité de ses précédentes positions, Crutzen ajoute que les futures générations feront tout ce qu'elles peuvent pour « prévenir un nouvel âge glaciaire » en « ajoutant de puissants gaz à effet de serre dans l'atmosphère »¹⁰⁴⁷. Pour l'auteur, toute diminution de la concentration atmosphérique de CO₂ sera « combattue par l'émission artificielle de CO₂ », puisqu'une telle diminution, qu'elle se produise mécaniquement lors des périodes glaciaires ou bien suite à la diminution de l'activité volcanique, entraînerait une chute de la production agricole¹⁰⁴⁸.

Ces positions, et notamment celle sur la géo-ingénierie, peuvent surprendre de la part de quelqu'un qui insiste sur les incertitudes liées aux processus chimiques ayant lieu dans l'atmosphère¹⁰⁴⁹. Crutzen publie en 2006 dans l'importante revue *Climatic Change*, un article

¹⁰⁴⁵ Ainsi que l'annonce Claude Boutron en introduction voir P. J. CRUTZEN, « The Effects of Industrial and Agricultural Practices on Atmospheric Chemistry and Climate During the Anthropocene », *op. cit.*. Si Crutzen n'y cite guère le papier qu'il a signé avec Stoermer, il y reprend néanmoins quasi-*verbatim* le rappel historiographique dont nous avons déjà discuté, ainsi que d'autres arguments du texte : proposition modulée, justification de la proposition, les futurs catastrophiques contrefactuels, l'éventualité d'une bonne noosphère pour y répondre, le rôle des scientifiques et des ingénieurs dans la société à venir. Le panorama environnemental reprend des éléments similaires : croissance de la population humaine et de ses cheptels ; urbanisation ; utilisation de l'énergie ; appropriation de la production primaire des populations de poissons ; émissions de gaz à effets de serre etc., tout en précisant certains termes.

¹⁰⁴⁶ Ce qui anticipe l'argument des éco-modernistes. Voir J. ASAFU-ADJAYE *et al.*, « An Ecomodernist Manifesto », *op. cit.*

¹⁰⁴⁷ P. CRUTZEN, « The "anthropocene" », *op. cit.*, p. 4

¹⁰⁴⁸ Du 5 au 8 novembre 2004, Crutzen participe à une conférence pontificale organisée par le Vatican et réunissant des scientifiques de nombreuses disciplines. Crutzen y présente successivement un portrait des altérations de la planète dont l'action humaine serait l'origine et qu'il aurait qualifié d'Anthropocène, s'introduisant ainsi comme l'auteur du concept. Il termine son intervention par cette remarque dans la continuité de ses prises de positions précédentes : « afin de rendre la Terre habitable, des restrictions majeures concernant l'usage des ressources, en sous-sol, à la surface et dans l'atmosphère, sont nécessaires. L'humanité a un long chemin à parcourir s'agissant de l'usage éclairé des ressources naturelles. » P. J. CRUTZEN, « The Anthropocene : the Current Human-Dominated Geological Era », dans Pontificia Accademia delle scienze (éd.), *Paths of Discovery: Plenary session, 5-8 November 2004.*, Vatican, Pontificia Academia Scientiarum, 2006, p. 199-211

¹⁰⁴⁹ Comme c'est le cas dans une de ses contributions : « Ne pas relâcher des composés chimiques dans l'environnement avant que leurs effets ne soient bien étudiés. Après leur première émission, il a fallu environ quatre décennies avant que Molina et Rowland (1974) puissent démontrer que les CFCs portent atteinte à la couche d'ozone, et encore deux décennies avant que leur production soit stoppée par des régulations internationales. Cela prendra encore jusqu'à un demi-siècle avant que le trou d'ozone ne se referme, ce qui témoigne des grandes échelles de temps impliqués dans ce processus. » P. J. CRUTZEN et V. RAMANATHAN, « Atmospheric Chemistry and Climate in the Anthropocene: Where are we Heading ? », *op. cit.*, p. 279-280

défendant une « amélioration de l'albédo par des injections de sulfure dans la stratosphère » comme pis-aller au problème du changement climatique, ou plus exactement comme un plan B qui se profile face à l'impuissance politique¹⁰⁵⁰. Portant directement sur la manipulation du climat comme technique de géo-ingénierie, l'éditorial de Crutzen souligne à plusieurs reprises que la réduction active des gaz à effet de serre est la solution préférable mais relève symétriquement que les tentatives ont jusqu'alors été « grossièrement infructueuses ». Par conséquent, ajoute Crutzen, si elle est « loin d'être la meilleure solution », l'augmentation artificielle de l'albédo (la proportion de rayonnement réfléchi par la Terre vers l'espace) pourrait bien « être explorée et débattue ». L'auteur explore alors la faisabilité d'une telle solution en la comparant notamment avec les effets de l'éruption du mont Pinatubo en juin 1991, en présentant les avantages et les inconvénients d'une telle politique, et même ses éventuels coûts dont il estime qu'ils s'élèveraient entre 25 et 50 dollars par habitant et par année¹⁰⁵¹.

Cependant, contrairement à la réception qui a été faite de cet article, particulièrement au sein des SHS traitant de l'Anthropocène dans les années 2010, la proposition de Crutzen s'inscrit dans la continuité des recherches militaro-industrielles, et des discours afférents, sur le contrôle du climat et des conditions météorologiques naissant dans les années 1930, et se développant largement à partir des années 1950 aux Etats-Unis et dans l'Union Soviétique¹⁰⁵². Au sein de cette continuité, il n'est pas surprenant qu'un spécialiste d'une science environnementale ait ce genre de position ; notamment après la publication d'un rapport de l'Académie Nationale des Sciences états-unienne consacrant un chapitre entier à ce sujet en 1992, et la mention des techniques de géo-ingénierie dans le second rapport du GIEC¹⁰⁵³.

On peut pour s'en convaincre rappeler les propos de Stephen Schneider, biologiste et acteur très important de la recherche sur le changement climatique des années 1970 aux années

¹⁰⁵⁰ Ainsi, dans un court article pour la revue *New Perspectives Quarterly* daté de 2005, Crutzen avance qu'une « gestion environnementale soutenable » « pourrait bien nécessiter des projets de géo-ingénierie à grande échelle internationalement acceptés afin d'accomplir des buts tels qu'« optimiser » le climat ». P. J. CRUTZEN, « Human Impact On Climate Has Made This the "Anthropocene Age" », *New Perspectives Quarterly*, vol. 22, n° 2, mars 2005, p. 16

¹⁰⁵¹ P. J. CRUTZEN, « Albedo Enhancement by Stratospheric Sulfur Injections: A Contribution to Resolve a Policy Dilemma? », *Climatic Change*, vol. 77, n° 3-4, 1^{er} septembre 2006, p. 211-217

¹⁰⁵² D. W. KEITH, « Geoengineering the Climate: History and Prospect », *Annual Review of Energy and the Environment*, vol. 25, n° 1, 2000, p. 249-258 Notons que l'idée générale de modifier activement le climat de façon globale est quant à elle bien plus ancienne voir à ce sujet J.-B. FRESSOZ et F. LOCHER, « L'agir humain sur le climat et la naissance de la climatologie historique, XVIIe-XVIIIe siècles », *op. cit.*

¹⁰⁵³ INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, *Climate change, 1995: impacts, adaptations, and mitigation of climate change*, R. T. Watson, M. C. Zinyowera et R. H. Moss (éd.), Cambridge ; New York, Cambridge University Press, 1996, p. 811-813 ; NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, *Policy Implications of Greenhouse Warming*, *op. cit.*

1990¹⁰⁵⁴, qui contribue en 1996 à un numéro consacré à la question de la géo-ingénierie de la revue *Climatic Change*, qu'il a par ailleurs fondé¹⁰⁵⁵. Le cadrage est semblable, configuré par l'opposition entre les régulations économiques demandées par certains acteurs en vue de la protection des écosystèmes et l'adaptation de ces derniers aux activités économiques. Les propos conclusifs de ce chercheur qui écrivait déjà sur la question dans les années 1970 résonnent fortement avec ceux de Crutzen :

Néanmoins, je m'accorde (mais à contrecœur) à dire que l'étude des potentiels de la géo-ingénierie est nécessaire, étant donné l'altération involontaire de la planète que nous provoquons [...]. Mais je dois finir par une mise en garde : je préférerais que l'économie se défasse lentement de sa dépendance aux l'augmentation massive des énergies carbonées que de contrer les potentiels effets secondaires du développement avec des décennies d'injection d'acide sulfurique dans l'atmosphère ou de fer dans les océans¹⁰⁵⁶.

De telles positions prennent directement source dans la géo-opérativité de la guerre froide et dans la planétologie des années 1970 développée au sein de la NASA¹⁰⁵⁷. Enfin, il faut souligner que Crutzen n'a cessé de faire référence à un agir géologique intentionnel de l'humanité et son article de 2006 ne constitue donc pas une opinion exotique et isolée du point de vue de ses propres positions.

Pour autant, lorsque Steffen et Crutzen sont amenés à écrire sur le même sujet, les propositions de cet ordre changent sensiblement d'orientation. Dans leur réponse à Ruddiman, les deux auteurs espèrent qu'une « quatrième étape » de l'Anthropocène s'annonce pour le prochain siècle, caractérisée par l'arrêt du « pillage des ressources de la Terre » et du « rejet excessif » de déchets ainsi que par « une gestion environnementale et des technologies considérablement améliorées », par le « contrôle des populations humaines et de l'élevage animal », et enfin « une restauration de l'environnement ». En bref, ajoutent les auteurs, il

¹⁰⁵⁴ Schneider a notamment fondé la revue *Climatic Change* et a dirigé le second volet du troisième rapport du GIEC.

¹⁰⁵⁵ S. H. SCHNEIDER, « Geoengineering », *op. cit.* Voir le numéro 3, volume 33 de juillet 1996. Soulignons la multidisciplinarité des contributions : allant du droit à l'éthique, sujet sur lequel écrit le philosophe aujourd'hui reconnu Dale Jamieson, voir D. JAMIESON, « Ethics and Intentional Climate Change », *Climatic Change*, vol. 33, n° 3, 1^{er} juillet 1996, p. 323-336

¹⁰⁵⁶ S. H. SCHNEIDER, « Geoengineering », *op. cit.*, p. 300-301

¹⁰⁵⁷ Voir le chapitre 8. On peut rappeler ici les propositions de Car Sagan, au sujet de l'avenir de la Terre face à la dilatation inéluctable du soleil : « La Terre ressemblera à la Vénus d'aujourd'hui, mais avec une pression atmosphérique de 300 bars de vapeur. Il est difficile de concevoir ce qui pourrait être entrepris afin de prévenir cette fuite en avant, même avec l'aide de la technologie avancée (peut-être un accroissement progressif de la quantité d'aérosol atmosphérique), mais au même moment la température de Mars deviendra très semblable à celle de la Terre d'aujourd'hui. S'il subsiste des organismes quelconques à cette époque lointaine, ils pourraient vouloir profiter de cette coïncidence. » C. SAGAN et G. MULLEN, « Earth and Mars », *op. cit.*, p. 55.

s'agirait « d'une intendance responsable du Système Terre »¹⁰⁵⁸. Cette même ligne de pensée est exposée dans une tribune qu'ils cosignent en 2004 pour l'*International Herald Tribune* avec la Commissaire européenne pour l'environnement Margot Wallstorm et Bert Bolin, éminent météorologue et climatologue et notamment co-fondateur du GIEC. Les auteurs soulignent l'imprévisibilité et l'existence d'éventuels « seuils », tout en assurant que la Terre est « un système bien connecté ». La situation « requiert » des « percées » technologiques et en matière de « gestion des ressources naturelles » qui « affecteront tous les secteurs économiques et les styles de vie ». Il n'est plus question de modification du climat ni de catastrophes à éviter, telle que la chute d'un astéroïde ou l'hiver nucléaire, pas plus que des appels à la modification du climat ou encore l'évitement d'astéroïdes. Il s'agit bien de faire face à l'alternative entre une seule catastrophe environnementale et le « défi [d'y] répondre avec précaution [*precautionary manner*] »¹⁰⁵⁹.

A cette même période, dans le premier Dahlem Workshop, Crutzen et Ramanathan soutiennent que la réduction des émissions de GES est une « tâche irréalisable sur le plan pratique », si bien qu'en dépit des « économies d'énergies » et des « nouvelles technologies », des solutions technologiques (*technological fixes*) à l'instar de la « séquestration de carbone », « pourraient devenir inévitables »¹⁰⁶⁰. Cette fois, les références à la « noosphère » fonctionnant convenablement ont disparu, pas de géo-ingénierie, ni de contrôle climatique. Sans y voir une modalité de censure, ou même le signe d'une influence directe, on peut toutefois soulever que Steffen figure dans les remerciements de l'article. Cela indique *a minima* que la géo-ingénierie entendue comme un genre de géo-opérativité ne fait guère consensus dans la communauté des SST¹⁰⁶¹.

Quoi qu'il en soit, les contributions de Steffen ne font jamais référence à l'usage de la géo-ingénierie ni à l'imaginaire de la Guerre froide, ou à l'éventualité de catastrophes. Steffen ne développe que rarement les questions politiques et technologiques. Néanmoins, dans une contribution à l'ouvrage accueillant la déclaration d'Amsterdam, publié en 2002, Steffen y affirme que « la technologie peut épargner la planète » à condition de suivre deux principes fondamentaux : l'accessibilité à « toutes les nations et les cultures et pas simplement les pays développés » et en correspondance avec la distribution temporelle et géographique du

¹⁰⁵⁸ P. CRUTZEN et W. STEFFEN, « How Long Have We Been in the Anthropocene Era? », *op. cit.*, p. 253

¹⁰⁵⁹ M. WALLSTORM *et al.*, « The Earth's Life-support System is in Peril », *Global Change: IGP Newsletter*, n° 57, mars 2004, p. 22-23

¹⁰⁶⁰ P. J. CRUTZEN et V. RAMANATHAN, « Atmospheric Chemistry and Climate in the Anthropocene: Where are we Heading? », *op. cit.*, p. 281. Pour un retour sur cette question, voir le chapitre 22.

¹⁰⁶¹ *Ibid.*, p. 284-286

« système Terre »¹⁰⁶². Signalant la différence entre les « mauvaises technologies » et la technologie comme alliée¹⁰⁶³, l'auteur souligne que « la technologie » peut, soit se confronter au « problème environnemental » à la source, soit se concentrer sur la gestion des conséquences environnementales des activités humaines, mais que la première approche est « préférable »¹⁰⁶⁴. Aucune technologie particulière n'y est mentionnée, à l'exception de la géo-ingénierie et Steffen donne l'exemple de l'injection d'aérosols dans la haute atmosphère dans le but de réduire la température moyenne de la troposphère – dans la lignée de ce que Crutzen propose. Mais l'auteur ajoute alors à :

De telles approches de géo-ingénierie sont extrêmement dangereuses. Elles sont fondées sur une simple logique cause-effet et ignorent le fait que les changements globaux sont un phénomène complexe, interactif, agissant sur un même système planétaire en interaction. Les conséquences involontaires des approches de géo-ingénierie sont hautement probables, très difficiles à prédire, et pourrait bien mener à des problèmes aussi graves que ceux qu'il s'agissait de résoudre. Les solutions de géo-ingénierie ne devrait jamais être confondues avec l'usage approprié de la technologie pour réduire la pression des activités humaines sur le système Terre¹⁰⁶⁵.

On peut difficilement remettre en question la clarté de la mise en garde, en totale contradiction avec les idées de Crutzen. Comme nous le verrons, les positions de Steffen, notamment sur l'idée générale d'une « bonne intendance planétaire » vont primer dans les papiers cosignés par ces deux acteurs. Néanmoins, il est clair qu'à ses débuts la notion d'Anthropocène n'est pas investie du même imaginaire technique et politique – même si le rôle des scientifiques et des ingénieurs reste le même chez les deux auteurs.

19.4 Périodisation

Nous l'avons vu, Crutzen a posé dès ses premières publications un commencement de l'Anthropocène à la fin du XVIIIe siècle, moment correspondant selon lui au début de l'industrialisation et notamment de l'usage de la machine à vapeur. Lorsque celui-ci répond à Ruddiman avec Steffen en 2003 la périodisation est cependant différente : possibilité d'un Anthropocène ancien, puis première rupture avec l'industrialisation, suivie d'une rupture dite « systémique » avec les années 1950, puis possibilité d'une réconciliation. Cependant, Crutzen n'emploie jamais cette dernière catégorie lorsqu'il écrit indépendamment de Steffen, comme

¹⁰⁶² W. STEFFEN, « Will Technology Spare the Planet? », *op. cit.*, p. 191

¹⁰⁶³ *Ibid.*, p. 189

¹⁰⁶⁴ *Ibid.*, p. 191

¹⁰⁶⁵ *Id.*

on l'a vu dans ses papiers postérieurs à 2003 ; et inversement, Steffen quant à lui y fait référence au cours des Dahlem Workshops et dans son intervention avec Lambin. D'autres contributions, plus détaillées, renseignent sur le travail que mène Steffen pour préciser sa propre périodisation de l'Anthropocène, qui est au fond tributaire du rapport qu'il a dirigé en 2004. A notre connaissance, la première tentative de poser en son nom propre une périodisation remonte à 2006 dans un article publié dans l'importante revue multidisciplinaire sur les questions environnementales *AMBIO*¹⁰⁶⁶.

Bien qu'il traite de la question de l'Arctique, il introduit la notion d'Anthropocène avec une périodisation différente de celle rapidement proposée dans l'article de 2003. Il n'y a plus d'Anthropocène précoce, mais une foule de prédécesseurs de la « première étape » de l'Anthropocène qui apparaissent aux alentours de 1600 : les Lumières, la science moderne, la colonisation, le commerce. Steffen mobilise une nouvelle fois son tableau de bord pour souligner qu'une différence fondamentale apparaît avec ce qu'il nomme la « Grande Accélération » – « l'environnement n'a clairement jamais fait l'expérience d'un accroissement si spectaculaire de l'activité humaine et des conséquences afférentes depuis l'arrivée d'*Homo sapiens* sur la planète¹⁰⁶⁷. »

L'expression « Grande Accélération », presque systématiquement reprise par la suite, ne trouve pas son origine dans cet article de Steffen. Elle a été élaborée en tant que catégorie analytique, dans le rapport du second Dahlem Workshop : *Sustainability or Collapse*. L'introduction précise que c'est le groupe de travail consacré à l'échelle décennale qui s'est emparé d'une telle catégorie¹⁰⁶⁸. La « Grande Accélération » est alors définie comme « la brusque augmentation de la population humaine, de l'activité économique, de l'utilisation des ressources, des transports, des communications et de la connaissance-science-technologie qui s'est déclenchée dans de nombreux endroits du monde après la Seconde Guerre mondiale et qui se poursuit au cours de ce siècle. » Le « moteur » de ce phénomène serait un « système interconnecté consistant en une population croissante, une consommation croissante, de l'énergie abondante et la libéralisation de l'économie politique. » Les « flux d'information » et la croissance du savoir furent quant à eux des « accélérateurs du système »¹⁰⁶⁹. Il est intéressant

¹⁰⁶⁶ W. STEFFEN, « The Arctic in an Earth System Context: From Brake to Accelerator of Change », *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, vol. 35, n° 4, juin 2006, p. 153-159

¹⁰⁶⁷ *Ibid.*, p. 153

¹⁰⁶⁸ Le groupe de travail est alors composé de Frank Hole, Richard Grove, Christian Pfister, Arnulf Grübler, Lisa Graumlich, Sander van der Leeuw, and John Dearing (not shown: Helmut Haberl).

¹⁰⁶⁹ R. COSTANZA, L. J. GRAUMLICH et W. STEFFEN, « Sustainability or Collapse Lessons from Integrating the History of Humans and the Rest of Nature », dans R. Costanza, L. J. Graumlich et W. Steffen (éd.), *Sustainability or Collapse? An Integrated History and Future of People on Earth*, Cambridge, MIT Press, 2007, p. 9-10

de noter que le tableau de bord de Steffen n'est à aucun moment mobilisé quoique d'autres technologies intellectuelles soient employées. La catégorie de « Grande Accélération » va par la suite être reprise et largement utilisée par les acteurs des SST tel que Steffen, mais aussi, comme nous le verrons, par des historiens et des historiennes.

19.5 Vers un grand récit de l'Anthropocène

La conférence de Dahlem de 2005, dont le rapport est publié en 2007 dans le volume intitulé *Sustainability or Collapse*, n'a pas uniquement été le moment de la création de la catégorie de « Grande Accélération ». C'est aussi le lancement d'un projet de recherche sur « une histoire et un futur intégrés des peuples de la Terre » (*Integrated History and Future Of People on the Earth - IHOPE*)¹⁰⁷⁰. Les ambitions théoriques sont considérables : « cartographier les enregistrements intégrés de l'évolution des systèmes biophysiques et humains sur la Terre sur les dernières centaines de milliers d'années » ; « comprendre les connexions et les processus de l'histoire humaine et de la Terre en comparant des modèles représentant des humains dans leur environnement avec l'histoire intégrée » ; « établir des projections fondées sur des modèles, avec bien plus de confiance et de possibilités techniques, du futur de l'évolution de l'humanité et du système Terre ». Les outils d'analyse des systèmes complexes, y compris des dynamiques non-linéaires, sont convoqués aux côtés des concepts de résilience et de rétroaction avec l'ambition de pouvoir rendre compte de l'évolution des sociétés à plusieurs échelles de temps : millénaire, centennale et décennale¹⁰⁷¹.

Au lancement de IHOPE, sont déjà incluses les questions relatives aux risques d'effondrement des sociétés industrialisées, ce que des auteurs français ont récemment nommée la « collapsologie »¹⁰⁷². En effet, comme nous l'avons observé précédemment, des auteurs comme Meadows et Tainter contribuent à la conférence de Dahlem en 2005, dont le titre contient d'ailleurs le terme « *collapse* ». De plus, dans un article de synthèse et de présentation du projet, publié en 2007 dans la revue *Ambio*, Costanza, Steffen et Graumblich rappellent que les sociétés humaines ont par le passé « répondu aux signaux environnementaux » notamment

¹⁰⁷⁰ Nous traduisons le terme de langue anglaise *integrated* par « intégré ». Si le terme n'est guère heureux en français, il se distingue de « intégrale » en tant que ce dernier terme suppose directement une totalité. En effet, si le projet IHOPE vise bien une forme d'intégralité historique, ce n'est qu'une conséquence de second ordre. Ici le terme « *integrated* » renvoie plutôt à l'intégration de savoirs hétérogènes – les histoires des termes biophysiques et humains – au sein d'un même récit.

¹⁰⁷¹ « Sustainability or Collapse Lessons from Integrating the History of Humans and the Rest of Nature », *op. cit.*

¹⁰⁷² P. SERVIGNE et R. STEVENS, *Comment tout peut s'effondrer : petit manuel de collapsologie à l'usage des générations présentes*, Paris, Seuil, 2015

par l'effondrement¹⁰⁷³. Rappelant l'apport alors récent du livre de Jared Diamond¹⁰⁷⁴, les auteurs mentionnent les trois questions auxquelles IHOPE doit répondre : « Quels sont les processus et les mécanismes interactifs complexes qui ont pour résultat l'émergence, la soutenabilité ou l'effondrement des systèmes socio-techniques¹⁰⁷⁵ ? » Le type d'histoire qu'il s'agit d'écrire prend explicitement ses distances avec ce qui a pu être appelé par ailleurs une démarche compréhensive pour s'inscrire dans une approche explicative : « Les études de IHOPE ont besoin d'adopter un éventail de cadres explicatifs pluriels, embrassant le positivisme scientifique conventionnel autant que des protocoles disciplinaires spécifiques et davantage d'approches systémiques. » Enfin, la dimension politique, entendue ici dans son lien avec une volonté de changement social, est fortement liée à l'ambition projective de IHOPE : « Comment pouvons-nous utiliser cette connaissance intégrée des perceptions et des comportements humains dans le passé pour comprendre et *créer* le futur¹⁰⁷⁶ ? »

A la suite des rencontres de Dahlem, Steffen revient en Australie – il résidait en Suède pour assurer la direction du secrétariat de l'IGBP jusqu' en 2005 – et devient directeur du Centre for Resource and Environmental Studies au sein de l'Australian National University. Il a cependant organisé en janvier 2006 un atelier à l'Académie Royale des sciences suédoises en vue de lancer les premiers projets de recherche de IHOPE. Parmi les 16 personnes présentes, dix ont participé aux Dahlem Workshops, y compris Crutzen, Steffen et Costanza¹⁰⁷⁷. A partir de ce moment, la notion d'Anthropocène exige, selon Steffen et l'historienne australienne Libby Robin, une forme d'« intégration de l'histoire biophysique et humaine » des savoirs qui

¹⁰⁷³ R. COSTANZA *et al.*, « Sustainability or Collapse: What Can We Learn from Integrating the History of Humans and the Rest of Nature? », *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, vol. 36, n° 7, novembre 2007, p. 523

¹⁰⁷⁴ J. DIAMOND, *Effondrement: comment les sociétés décident de leur disparition ou de leur survie*, A. Botz et J.-L. Fidel (trad.), Paris, Gallimard, 2013

¹⁰⁷⁵ R. COSTANZA *et al.*, « Sustainability or Collapse », *op. cit.*, p. 526

¹⁰⁷⁶ On peut trouver les mêmes indications dans *Ibid.*, p. 15-17 Par la suite, le tome est construit sur des recommandations de chaque groupe de travail (effondrement avec Tainter, modélisation avec Costanza, Nous ne détaillons pas les contributions car notre but ici est plutôt de rendre compte des processus d'association à la notion d'Anthropocène, ce que nous avons déjà établi. Il s'agit ici plutôt de rendre compte d'un point de passage d'association d'historiens et d'autres acteurs à la question de l'Anthropocène.

¹⁰⁷⁷ « January 2006, as part of the IHOPE initiative, a sixteen person planning committee met for two days at the Royal Swedish Academy of Sciences, Stockholm, Sweden. The representatives mostly came from interdisciplinary environmental science departments and organisations, with one geographer from a disciplinary department, and two archaeologists, one from an anthropology department and one who worked in an international interdisciplinary centre (Center for Japanese Studies, Kyoto). Eight were from the United States, six from Europe (including three from host nation Sweden, one German, one English, one Dutch), one from Japan and one from Australia. Four participants were women. Ten of these people, including all the editors, wrote chapters for the 2007 book, *Sustainability or Collapse?* (along with 24 others, including environmental historians, and others from archaeology, history and related disciplines). The three editors were also the three senior authors on a paper of the same name accepted by *Ambio* for publication in 2007. » L. ROBIN et W. STEFFEN, « History for the Anthropocene », *op. cit.*, p. 1697

nécessite moins l'apport de spécialistes que de généralistes, provenant de disciplines très variées¹⁰⁷⁸. IHOPE se situe dans le sillage du projet de l'UNESCO d'une « Histoire scientifique et culturelle de l'Humanité » dont le long parcours porté par Lucien Febvre et Julian Huxley s'étend entre les années 1940 et 1960¹⁰⁷⁹, et dans un rapport de proximité avec les champs disciplinaires de l'histoire mondiale et de l'histoire environnementale. Le projet IHOPE entend réaliser une synthèse répondant à des exigences multiples grâce à la notion d'Anthropocène : dépassement de l'histoire nationale, soucis pour la prise en compte des environnements, décentrement du regard occidental, dépassement de la notion de progrès et pluralisation de la catégorie trop générale d'humanité. L'« histoire pour l'Anthropocène » ne vise plus la paix, comme pour le projet de l'UNESCO, mais la « coopération » face à la menace de grands bouleversements géophysiques et non plus à la bombe atomique¹⁰⁸⁰. C'est dans ce contexte d'élaboration d'un grand récit de l'Anthropocène que se produit la rencontre entre l'historien McNeill et le duo Crutzen-Steffen.

19.6 Réécriture avec McNeill

En 2007 paraît dans la revue *Ambio* un article signé par Crutzen, McNeill et Steffen, dont le sujet principal est la caractérisation de l'Anthropocène comme période historique : « L'objectif de ce papier est d'explorer un aspect du programme de recherche IHOPE – l'évolution des humains et de nos sociétés de chasseurs-cueilleurs à une force géophysique globale¹⁰⁸¹. » Quatre périodes sont distinguées au sein de cette longue temporalité : la période pré-Anthropocène ; « l'ère industrielle » ou « étape 1 de l'Anthropocène » ; la « Grande Accélération » ou l'étape 2 ; et enfin l'« étape 3 », nommée sous la forme interrogative « Intendants du système Terre ? ». Ce récit de grande ampleur mérite que l'on prenne le temps de détailler les articulations qui lui confèrent une cohérence propre.

Les auteurs datent la préhistoire de l'Anthropocène du début de l'Holocène (10 000-12 000 BP) en remarquant que l'activité humaine avait déjà à cette époque des conséquences environnementales importantes dues à la prédation et à la modification des paysages. Cependant les « humains préindustriels », dont l'influence environnementale était parfois continentale,

¹⁰⁷⁸ *Ibid.*, p. 1699

¹⁰⁷⁹ C. MAUREL, « L'Histoire de l'Humanité de l'UNESCO (1945-2000) », *Revue d'Histoire des Sciences Humaines*, vol. 22, n° 1, 2010, p. 161-198

¹⁰⁸⁰ L. ROBIN et W. STEFFEN, « History for the Anthropocene », *op. cit.*, p. 1703-1712

¹⁰⁸¹ W. STEFFEN, P. J. CRUTZEN et J. R. MCNEILL, « The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature », *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, vol. 36, n° 8, décembre 2007, p. 614

« n’avaient pas la capacité technologique et organisationnelle de se mesurer aux ou de dominer les grandes forces de la nature. » Le récit plonge davantage dans le passé jusqu’à la « maîtrise » du feu, il y a plusieurs millions d’années, qui nous aurait « fermement engagé sur le long chemin vers l’Anthropocène. » Il mentionne au passage le changement de régime alimentaire vers l’alimentation omnivore en lien avec l’accroissement de la taille du cerveau humain, qui aurait « conséquemment » entraîné l’apparition du langage écrit et parlé, ainsi que les moyens de communication et de transmission des savoirs, un pouvoir « minimal chez les autres espèces. » L’extinction de la mégafaune, la domestication des animaux et l’apparition de l’agriculture sont les trois changements les plus importants. Par conséquent, malgré la profondeur historique des changements environnementaux d’origine humaine, ceux-ci restaient « bien à l’intérieur des limites de la variabilité naturelle »¹⁰⁸².

La première étape de l’Anthropocène débute avec « l’ère industrielle », dont le commencement est mis en rapport avec les « transitions décisives de l’histoire humaine », « peut-être d’une importance similaire dans l’histoire du système Terre lui-même ». Dans le sillage des Lumières, « l’ère industrielle » commença en Angleterre au XVIII^e siècle et trouve une puissante amplification avec le charbon dont le contenu énergétique diffère radicalement des énergies préalablement utilisées¹⁰⁸³. Les auteurs insistent en effet lourdement sur la question de l’énergie fossile : en l’absence de celle-ci « il serait inconcevable que la population mondiale eût pu croître d’un milliard dans les années 1820 à plus de six milliards aujourd’hui, ou que peut-être un milliard des plus fortunés d’entre nous puissent vivre dans un confort inconnu de n’importe quel roi ou courtisant au cours des siècles précédents ». Les énergies fossiles et l’invention de la machine à vapeur par James Watt auraient fait « voler en éclat » le « goulet d’étranglement » énergétique dans lequel l’humanité était confinée, mettant fin aux contraintes démographiques et économiques millénaires. Cependant, « l’empreinte sur l’environnement mondial » devient clairement visible dans la première moitié du XX^e siècle à travers de multiples processus : déforestation, anthropisation, altération du cycle de l’eau et de l’azote, augmentation très importante de GES. L’évolution de la concentration atmosphérique de CO₂ sert à définir « un indicateur » et « tracer la progression de l’Anthropocène, définir ses étapes

¹⁰⁸² *Ibid.*, p. 614-615. A ce titre, les auteurs discutent de l’hypothèse de Ruddiman, « intrigant[e] mais improuvable », en la disqualifiant tout en rappelant qu’elle implique de toute façon de très faibles émissions de GES par rapport à celles des trois derniers siècles. *Id.*

¹⁰⁸³ Les auteurs, qui évoquent différentes interprétations possibles de ce processus historique, écartent toute discussion de l’origine de ce rapport et ne prennent pas position dans ce débat au sein de l’histoire économique et de l’histoire des techniques. Toutefois, en insistant sur la facilité de l’accès énergétique, les auteurs adoucent implicitement la thèse selon laquelle c’est plutôt ce facteur qui explique la trajectoire que l’on sait. Sur cette question voir, pour une analyse différente A. MALM, *Fossil Capital: the Rise of Steam-Power and the Roots of Global Warming*, London ; New York, Verso, 2016

quantitativement, et comparer l’empreinte humaine sur le système Terre avec la variabilité naturelle. » Cet indicateur montre que la « variabilité naturelle » de l’Holocène a été alors dépassée et il « fourni ainsi la première preuve indiscutable que les activités humaines influençaient l’environnement à l’échelle mondiale. » Par conséquent, les auteurs proposent d’assigner le commencement de l’Anthropocène avec le début de « l’ère industrielle », « dans la période située entre 1800 et 1850¹⁰⁸⁴. »

La « Grande Accélération » de « l’entreprise humaine » se caractérise par tout un ensemble de facteurs dont les auteurs offrent une illustration à l’aide d’une version réduite du tableau de bord de Steffen : nombre de voitures, démographie, moyens de communication, urbanisation altération des écosystème, extinction des espèces et accroissement des GES sont tous mobilisés pour en attester. Les guerres mondiales et la grande Dépression auraient eu pour rôle paradoxal de freiner la « Grande Accélération » tout en lui permettant de prendre son envol en aboutissant sur un nouveau régime institutionnel et de nouvelles technologies après 1945. Les alliances entre gouvernements, industries et universités « se montrèrent extraordinairement efficaces » dans leurs investissements en matière de sciences et de technologies dans un contexte au sein duquel « l’influence [humaine] sur le Système Terre comptait très peu ». Ici, ce n’est plus le dépassement de la variabilité naturelle qui compte, mais l’augmentation drastique du taux de croissance des différentes pollutions¹⁰⁸⁵.

Lors de la dernière étape de l’Anthropocène, l’humanité est appelée à rester « une force géologique majeure pendant bien des millénaires. » Le défi en face duquel se trouve l’humanité est de trouver « une stratégie universellement acceptée pour assurer la soutenabilité du système de support de vie de la Terre à l’encontre des stress d’origine anthropique¹⁰⁸⁶ ». Ce serait là le début de la troisième étape, « dans laquelle la reconnaissance que les activités humaines sont vraiment en train d’affecter la structure et le fonctionnement du Système Terre comme un tout (à l’opposé des problèmes environnementaux à l’échelle locale ou régionale) transparait à travers les processus de décision à de nombreux niveaux. » Les auteurs énumèrent quatre facteurs favorisant une telle reconnaissance : (i) le développement des recherches analysant les

¹⁰⁸⁴ W. STEFFEN, P. J. CRUTZEN et J. R. MCNEILL, « The Anthropocene », *op. cit.*, p. 615-616

¹⁰⁸⁵ *Ibid.*, p. 617-618 Selon les auteurs, tout indique qu’un changement général de contexte culturel est en train d’arriver. La mondée, dans les années 1960s, d’un « souci sociétal » sur les questions environnementales : « Sur de nombreuses questions écologiques, les politiques environnementales locales, nationales ou internationales étaient divisées, et l’environnement devient régulièrement [*routinely*] une considération dans les calculs politiques et économiques – quoique rarement de façon prépondérante. »

¹⁰⁸⁶ On remarquera le vocabulaire tribulaire des technosciences. « Système de support de vie » (life support système) est un vocable issu du domaine aérospatial désignant l’ensemble des moyens par lesquels il devient possible d’assurer la survie d’humains dans l’espace. Le terme de stress (*stress*) a quant à lui pour origine la biologie, et particulièrement l’écologie scientifique et désigne toute perturbation s’exerçant sur un organisme ou un écosystème.

« systèmes humain-environnement » ; (ii) le « pouvoir énorme » de l'Internet ; (iii) la multiplication des « sociétés libres et ouvertes » dotées de « médias indépendants » ; (iv) la croissance de régimes démocratiques diminuant l'arbitraire de l'Etat et affermissant le rôle de la société civile. En fin de compte : « L'Humanité devient, d'une façon ou d'une autre, un agent conscient de l'utilisation de son propre système de support de vie. »

Pour l'avenir, trois approches seront possibles. La première, celle du *business-as-usual*, poursuit la logique qui préside à la « Grande Accélération ». Bien qu'elle semble « conservative et sûre », elle se déploie sur des échelles de temps incommensurables avec celles du « système Terre ». En effet, il serait déjà trop tard pour réaliser que « cette approche pourrait ne pas fonctionner » et entraîner un probable « effondrement » dû au franchissement d'un « seuil » conduisant à la fonte de la calotte glaciaire du Groenland. La seconde approche « d'atténuation » (*mitigation*) comprend « une gestion et une technologie », un « contrôle de la population humaine et animale », et un « usage précautionneux et une restauration de l'environnement naturel ». Elle se donne pour objectif le retour à ce que le « système Terre fonctionne d'une façon pré-Anthropocénique ». Pour y parvenir on devrait fortement recourir à la technologie – la « dématérialisation » par ailleurs déjà en cours, étant présentée comme une voie menant à son accomplissement¹⁰⁸⁷, par ailleurs déjà en cours, de même que des « changements dans les valeurs sociales »¹⁰⁸⁸.

La troisième voie possible est celle de la géo-ingénierie, position dont on a vu qu'elle soulevait un désaccord entre Steffen et Crutzen. L'hypothèse d'un tel scénario se fonde sur l'éventualité de la sévérité des changements environnementaux de même que le caractère « herculéen » de la tâche qui consiste à décroître les émissions de GES « ne serait-ce que pour stabiliser » leur concentration atmosphérique actuelle. Mais, tout comme chez Crutzen : « les futures générations d'*Homo Sapiens* feront probablement tout ce qu'elles pourront pour prévenir un nouvel âge glaciaire en ajoutant de puissants GES dans l'atmosphère ». En outre, toute diminution du CO₂ atmosphérique, ayant une influence négative sur la productivité agronomique, sera compensée par des émissions. « Et pareillement, dans un futur lointain, *Homo sapiens* déviera des météorites et des astéroïdes avant qu'il ne puisse toucher la Terre. » Cependant, contrairement aux propos de Crutzen et peut-être sous l'impulsion de Steffen, les auteurs précisent que la géo-ingénierie soulève des « enjeux éthiques cruciaux » et l'éventualité

¹⁰⁸⁷ Ici, il faut entendre « dématérialisation » non pas au sens qu'on lui donne parfois en l'associant à l'ample utilisation des technologies numériques, mais plus généralement à toute forme de découplage entre la croissance économique et l'utilisation de matière.

¹⁰⁸⁸ W. STEFFEN, P. J. CRUTZEN et J. R. MCNEILL, « The Anthropocene », *op. cit.*, p. 219

d'effets secondaires qui pourraient avoir de « sévères conséquences »¹⁰⁸⁹.

19.7 Conclusion

On le voit, la définition de l'Anthropocène ne mobilise pas exclusivement des savoirs physiques, biogéochimiques ou biologiques. Une part non négligeable de cet exercice consiste également à *historiciser* l'Anthropocène, à offrir non seulement une suite continue de grandes étapes, mais également à sélectionner et faire intervenir des actants (appelés parfois « *drivers* ») dans les processus historiques. Notre tracé de la trajectoire de la notion d'Anthropocène a permis de restituer les associations par lesquelles des acteurs sont mobilisés pour alimenter les descriptions historiques sur l'Anthropocène, eux-mêmes recrutant des actants au fur et à mesure encapsulés dans la notion d'Anthropocène. A ce stade, nous avons mis en relief trois temps forts dans le processus d'instauration de la notion d'Anthropocène : l'écriture initiale par Crutzen, l'association de Steffen, et l'association de McNeill. Chaque étape mettant en jeu des tractations qui ne sont pas toujours entièrement résolues, mais qui aboutissent à la prise en compte plus ou moins compréhensive et modulée (par exemple la question de la géo-ingénierie ou du vocable des SST) des propositions respectives. La période qui s'est ouverte avec la conférence de Dahlem en 2005 à laquelle participent notamment plusieurs historiens et historiennes de l'environnement et qui aboutit à la création du programme de recherche multidisciplinaire (IHOPE), constitue une bifurcation importante : on peut dire qu'il s'agit de la première rencontre véritable de la notion d'Anthropocène avec des acteurs des SHS¹⁰⁹⁰.

¹⁰⁸⁹ *Ibid.*, p. 620. Les auteurs, qui soulignent le caractère « hautement controversé » de la géo-ingénierie, fournissent l'exemple de la proposition de Crutzen et de la séquestration de CO₂ dans les sols.

¹⁰⁹⁰ Steffen n'abandonnera pas le sujet de l'implication des SHS dans la connaissance des relations « humain-environnement », et il écrit dès après 2007 une contribution à ce sujet, mais le Dahlem Workshop de 2005 fait pour lui toujours office de référence principale. W. STEFFEN, « Looking Back to the Future », *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, vol. 37, n° sp14, novembre 2008, p. 507-513

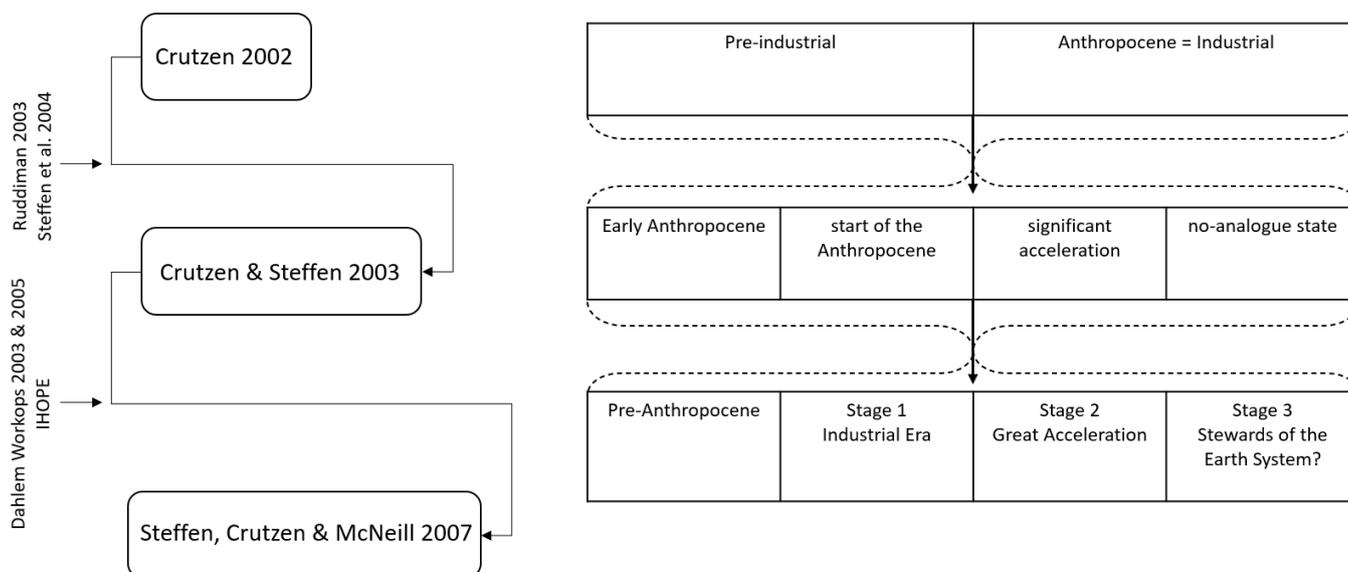


Figure 39 – Représentation simplifiée du processus d’association et de réécriture du concept d’Anthropocène au cours de sa trajectoire d’énonciation.

L’article de 2007 propose un nouveau gabarit de la notion d’Anthropocène¹⁰⁹¹. Il trace les grandes lignes historiques non seulement de l’Anthropocène, mais aussi de toute l’histoire de l’humanité tout en faisant un pronostic sur les futurs possibles qui lui échoient. Les acteurs successivement embarqués dans les discussions ont varié par rapport à ce que Crutzen et Steffen avaient présenté dans leurs propositions respectives, incluant désormais une tentative qui consiste à déceler ce qui, dans l’histoire de l’humanité, a préparé l’avènement de la nouvelle époque (le « pré-Anthropocène »). Il y a là une lecture rétrospective de l’histoire profonde de l’humanité qui n’était pas présente auparavant, tout comme les mécanismes sociaux à l’origine

¹⁰⁹¹ Il ne faut pas perdre de vue que, pour des besoins de simplicité et de clarté, nous avons dû faire le choix de restreindre notre analyse afin de contenir la prolifération des références. On peut relever les contributions définitoires de Ruddiman et Meybeck car elles représentent un autre style d’appropriation de la notion d’ « Anthropocène » : plus localisé, celui-ci consiste à s’approprier la question des changements globaux et d’une rupture systémique provoquée par l’action humaine mais en l’élaborant non pas à partir d’un diagnostic généraliste portant sur tous les aspects pouvant être convoqués pour décrire la situation écologique globale, mais plutôt à partir d’une mise en problème spécifique à leur discipline et touchant une composante de la définition de l’Anthropocène. Pour Ruddiman, il s’agit moins de la date de commencement de la nouvelle époque que de la détermination de ce qui a relevé dans l’histoire d’un agir humain d’ampleur géologique ou du moins géophysique, c’est-à-dire impliquant un cycle biogéochimique ; pour Meybeck il s’agit de caractériser finement ce dont relève un nouvel état du « système Terre », étant entendu qu’une telle caractérisation doit rendre compte des relations dynamiques entre les collectifs humains et leurs milieux aussi bien que de leurs distributions géographiques. Il serait loisible de disqualifier la proposition de Meybeck et la place qu’elle doit trouver dans une histoire de la notion d’Anthropocène, cependant le récit historique s’enrichit lorsqu’il fait œuvre d’anamnèse, cette faculté d’oublier le futur de l’action représentée dans le récit ; de prendre soin des possibles non advenus. M. MEYBECK, « River Basin under Anthropocene Conditions », dans B. von Bodungen et K. Turner (éd.), *Science and Integrated Coastal Management*, Berlin, Dahlem Conference Series, 2001, p. 275-294 ; M. MEYBECK, « Riverine Quality at the Anthropocene: Propositions for Global Space and Time Analysis, Illustrated by the Seine River », *Aquatic Sciences*, vol. 64, n° 4, décembre 2002, p. 376-393 I. STENGERS, *Cosmopolitiques 2 : L’invention de la mécanique*, Paris, La Découverte, 2003, p. 176-184

de la « Grande Accélération », que McNeill semble donc apporter à l'écriture.

La troisième étape avec IHOPE accorde un rôle majeur à la prise de conscience environnementale dans l'histoire qui est pour le moins sujet à discussion. En effet, non seulement il a existé une conscience environnementale chez les tenants des savoirs de la Terre, non seulement cette prise de conscience s'est incarnée chez « quelques personnes réflexives », mais surtout, celle-ci se transformant en « souci sociétal majeur depuis les années 1960 » deviendrait capable de modifier la logique majoritaire au cœur de la trajectoire dessinée par les « étapes » 1 et 2¹⁰⁹². Ce rôle tardif de la conscience environnementale repéré au travers des changements institutionnels n'est toutefois pas davantage justifié explicitement. Comme référence, les auteurs font mention de la partie du rapport de Dahlem dirigée par Costanza, Graumlich et Steffen et traitant de l'échelle décennale où sont très rapidement rappelés les grandes dates de la création d'institutions internationales de réponse à la question écologique (PNUE, Conférence de Rio, UNFCCC, Protocole de Montréal) de même de que l'émergence des « mouvements environnementaux » dans les années 1970 concomitants avec des « désastres environnementaux »¹⁰⁹³. La prise de conscience est censée conduire à une « désaccélération » fondée sur l'autorégulation des « interactions humain-environnement », effectuée grâce au concours de trois processus. Premièrement, la production et la communication d'information, de mesures, de « gestions alternatives des ressources », et leur pénétration dans les centres de décision, rendent la « société » capable de poser des diagnostics plus précis des causes et des effets des changements environnementaux. Deuxièmement, les « sources du comportement des agents » sont en train de changer, en intégrant « de manière plus efficace » le « souci de durabilité ». Enfin, les moyens infrastructurels et institutionnels pour accompagner ces changements seraient également en train de se développer¹⁰⁹⁴.

Par conséquent, l'écriture de la notion d'Anthropocène est de part en part, du début à la fin du récit, doublement téléologique : elle lit l'histoire de l'humanité selon la fin d'un devenir géologique ; mais elle effectue aussi cette lecture en fournissant les fins possibles, et en soulignant la fin souhaitable comme si les événements de la fin du XXe siècle avaient amené la possibilité de cette conclusion heureuse. Cette écriture n'est pas simplement le fait de scientifiques pris dans les grands récits de l'histoire de l'humanité, mais elle est bien le fruit de négociations et d'épreuves avec des acteurs des SHS. Par conséquent, on peut dire que dès les

¹⁰⁹² W. STEFFEN, P. J. CRUTZEN et J. R. MCNEILL, « The Anthropocene », *op. cit.*, p. 618

¹⁰⁹³ K. A. HIBBARD *et al.*, « Decadal Interactions of Humans and the Environment. In: Integrated History and Future of People on Earth », dans R. Costanza, L. J. Graumlich et W. Steffen (éd.), *Sustainability or Collapse? An Integrated History and Future of People on Earth*, Cambridge, MIT Press, 2007, p. 356

¹⁰⁹⁴ *Ibid.*, p. 364

années 2000, la notion d'Anthropocène est déjà le fruit d'une collaboration entre deux grands domaines traditionnellement conçus comme disjoint.

Cet aspect se révélera important à la lecture des controverses au sein même des SHS au cours des années 2010 au sujet des insuffisances de la notion d'Anthropocène. Par exemple, la critique d'Andreas Malm et d'Alf Hornborg adressée à cette notion repose sur le fait que « le témoin n'a pas été transmis entre les « deux cultures » [ici, les sciences de la nature et les SHS], et tandis que [le domaine des SHS] est lentement en train de se mettre à jour, « l'Anthropocène » est déjà un concept enraciné et un mode de pensée¹⁰⁹⁵. » Au fond, pour ces auteurs, les tenants du concept d'Anthropocène ne sont pas mal intentionnés, mais mobiliseraient un récit naturaliste « par défaut plutôt que selon une intention déterminée », dans un contexte de domination des sciences naturelles et de fin des grands horizons politiques suite à la chute de l'URSS¹⁰⁹⁶. Or ce chapitre a montré que, la construction du concept et du récit de l'Anthropocène dépendant *aussi* d'acteurs des SHS, le problème de la naturalisation des récits, et donc du manque de prise en charge des agentivités politiques inhérent au récit de l'Anthropocène des SST, est tout autant un problème concernant les SHS elles-mêmes.

¹⁰⁹⁵ A. MALM et A. HORNBERG, « The Geology of Mankind? A Critique of the Anthropocene Narrative », *The Anthropocene Review*, vol. 1, n° 1, avril 2014, p. 66

¹⁰⁹⁶ *Ibid.*, p. 77

La géologie entre en scène

*This is work in progress*¹⁰⁹⁷.

— Colin N. Waters, 2018

Jusqu'à maintenant, l'idée selon laquelle nous avons changé d'époque géologique n'avait pas été discutée au sein du champ disciplinaire auquel revenait la définition des séquences historiques de la Terre : la géologie. En effet, ce n'est qu'à partir de 2008 que des géologues entreprennent de se pencher sur cette nouvelle catégorie, entamant ainsi un processus d'appropriation de cette idée. C'est pourquoi nous souhaitons introduire cette première bifurcation extra-disciplinaire, par rapport aux SST, d'autant plus que, comme nous allons le voir, les travaux entrepris par les géologues et les changements institutionnels qui vont les accompagner ne sont pas indépendants des acteurs déjà mentionnés. Ce sont principalement ces changements que nous allons décrire dans ce chapitre, pour nous concentrer dans le chapitre suivant sur les enjeux épistémiques liés à l'introduction du concept d'Anthropocène dans la géologie.

20.1 La constitution d'un collectif de géologues

Le processus qui a conduit à cette prise en compte commence toutefois deux années auparavant lorsque quelques géologues britanniques décident en 2006, et à l'invitation du

¹⁰⁹⁷ C. N. WATERS, « Potential GSSP/GSSA Levels », dans J. A. Zalasiewicz *et al.* (éd.), *The Anthropocene as a Geological Time Unit: A Guide to the Scientific Evidence and Current Debate*, Cambridge, Cambridge University Press, 2018, p. 284

géologue Jan Zalasiewicz, alors membre de la Geological Society of London (GSL), de rédiger un article à ce sujet¹⁰⁹⁸. Après avoir soutenu sa thèse à l'université de Cambridge sur des formations appartenant à la période (système) Ordovicienne (-485,4 à -443,4 millions d'années (Ma))¹⁰⁹⁹, il est très vite employé par la British Geological Survey (BGS)¹¹⁰⁰ pour l'étude de roches beaucoup plus récentes – le Quaternaire (entre -2,5 Ma BP et aujourd'hui) – et d'autres appartenant à la période succédant l'Ordovicien : le Silurien. Devant travailler en collaboration avec des géochimistes à partir des années 1980, Zalasiewicz est amené à développer un goût pour l'improvisation tâtonnante, une approche de la géologie comme enquête « médico-légale » (*forensics*) selon ses propres termes¹¹⁰¹. Au milieu des années 1990, Zalasiewicz quitte la BGS pour un poste d'enseignant-chercheur à l'Université de Leicester où il enseigne des savoirs très variés : allant de la cartographie géologique et des méthodes de terrain à la paléobiologie évolutionnaire en passant par la paléoclimatologie. Ces premiers traits biographiques conduisent le géologue à s'envisager comme un « généraliste », un « touche à tout » (« *jack of all trades and master of none* ») ou encore un « géologue bipolaire », faisant référence à la disparité des temps auxquels il s'est consacré.

Dans les années 1990, Zalasiewicz a également développé l'habitude d'écrire pour un plus large public intéressé par les sciences, notamment dans *New Scientist*, revue pour laquelle il écrit en 1998 un article à propos des objets ou des effets de l'activité humaine préservés dans le futur¹¹⁰². C'est à partir de ce moment-là que le géologue entreprend l'écriture d'un ouvrage abordant ce sujet à l'aide d'une fiction, courante dans la géologie moderne : par quels moyens des géologues extra-terrestres arrivant sur Terre dans 100 millions d'années pourraient constituer l'histoire de la Terre et quelles seraient les traces de l'activité humaines préservées

¹⁰⁹⁸ J. ZALASIEWICZ *et al.*, « Are We Now Living in the Anthropocene? », *GSA Today*, vol. 18, n° 2, 2008, p. 4

¹⁰⁹⁹ L'Ordovicien est la deuxième période (système) du Paléozoïque, lui-même premier ère (éraithème) de l'éon (l'éonthème) du Phanézoïque succédant à l'éon du Précambrien s'achevant il y a environ 540 millions d'années. INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY, « International Chronostratigraphic Chart », 2017 Pour la suite, nous n'indiquerons les catégories temporelles relevant de la géochronologie, s'appuyant sur l'équivalence, qui peut parfois poser problème dans le cadre de la stratigraphie mais pas pour l'objet de notre étude, entre les catégories de la chronostratigraphie (éonthème, éraithème, système, série, étage) et celles de la géochronologie (respectivement éon, ère, période, époque, âge).

¹¹⁰⁰ La BGS est fondée en 1835 par le géologue, connu pour ses critiques de Charles Lyell, Henry De la Beche que nous croiseront plus avant. Il s'agit de la première institution publique destinée à la recherche géologique (notamment la cartographie géologique, parfois en lien avec l'industrie) et son équivalent français est le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM).

¹¹⁰¹ J. ZALASIEWICZ, « Entretien avec J. Zalasiewicz », *op. cit.*

¹¹⁰² J. ZALASIEWICZ, « Buried Treasure », *New Scientist*, n° 2140, 1998, p. 26-30 Zalasiewicz devait originellement écrire sur ses découvertes à propos d'une famille de minéraux, les monazites, mais Grabiell Walker, l'éditeur du *New Scientist*, l'invita à écrire sur un sujet moins spécifique. Zalasiewicz se rappela d'un courrier de lecteur publié auparavant dans la revue s'interrogeant sur ce qui resterait des activités humaines dans les futurs sols, ce qui le conduisit à écrire à ce sujet.

dans les strates géologiques¹¹⁰³ ?

C'est au cours de la rédaction de cet article et de cet ouvrage, qui s'étend sur une dizaine d'années, que Zalasiewicz prend largement connaissance des questions environnementales. Non pas que celles-ci aient été jusqu'alors intégralement absentes, mais leur présence était bien plus diffuse, s'exprimant notamment par le prisme des conséquences d'une guerre nucléaire. Plus exactement, ce dernier relève que la question de l'influence humaine sur la Terre a toujours été présente dans les savoirs de la Terre et particulièrement avec la bombe atomique : la *Doomsday clock*, qui représente la probabilité d'une catastrophe mondiale causée par la bombe l'hypothèse d'une catastrophe nucléaire, ou encore le livre de Jonathan Schell paru en 1982, *The Fate of the Earth*, livre emblématique du mouvement anti-nucléaire états-unien sont mentionnés à titre d'exemples de la perception déjà prégnante des effets possibles de l'action humaine sur la Terre¹¹⁰⁴. De même pour la question du changement climatique : « Je ne peux me rappeler d'un moment sans cela. [...] j'ai un livre pour enfant sur l'histoire de la Terre, du genre qu'on garde toute sa vie, écrit je pense en 1950 et des brouettes, et il y avait une suggestion que le CO₂ dans l'atmosphère était en train d'altérer climat¹¹⁰⁵. » En outre, selon le géologue, depuis les deux ou trois dernières décennies, les tendances ont gagné en précision et en clarté, de même que les conséquences sur le temps long : et leurs études sont devenues un sujet de recherche respecté. Mais c'est en se posant la question de savoir quelles seraient les traces de l'activité humaine dans un temps très lointain que Zalasiewicz s'informe plus amplement et plus spécifiquement sur ces questions et prend la mesure des changements environnementaux en cours.

Zalasiewicz prend connaissance avec intérêt du papier de Crutzen publié dans la revue *Nature* en 2002, mais n'en fait rien de particulier jusqu'à rencontrer à plusieurs reprises, et de manière accidentelle, le terme « Anthropocène » dans la littérature scientifique¹¹⁰⁶. Personne n'en parlait au sein de la communauté des géologues et celui-ci n'imaginait guère que cette proposition aboutirait à une formalisation, compte tenu de son expérience dans des comités de stratigraphie – comités travaillant à la définition d'autres séquences du temps géologique.

¹¹⁰³ J. ZALASIEWICZ, *The Earth after Us: What Legacy Will Humans Leave in the Rocks?*, Oxford, Oxford University Press, 2009

¹¹⁰⁴ Zalasiewicz mentionne plus exactement « *The Republic of insects and grass* », qui est un chapitre de ce livre et a été publié dans le *New Yorker* sous la forme d'un article. J. SCHELL, *The Fate of the Earth*, New York, Knopf, 1982

¹¹⁰⁵ J. ZALASIEWICZ, « Entretien avec J. Zalasiewicz », *op. cit.* « I can't remember a time without that. You know I have a timelife book for children on the history of the Earth written in think in 1950 something and that had a suggestion within it, that CO₂ in the atmosphere was altering climate change. »

¹¹⁰⁶ Zalasiewicz mentionne « un ou deux articles », dont un par Michel Meybeck et « un ou deux livres ». *Id.*

Appartenant à la British Stratigraphic Commission (BSC) depuis le début des années 2000, et président de la commission de stratigraphie britannique au sein de celle-ci¹¹⁰⁷, Zalasiewicz avait au milieu de la décennie assez d'expérience pour savoir qu'il était possible d'y discuter des « idées saugrenues ». C'est ce réseau de « bonnes relations », permettant des « accords sur des désaccords », le débat d'idées dans une « atmosphère neutre et non-compétitive », qui favorisa la proposition pour le moins originale d'étudier formellement, c'est-à-dire dans le cadre des règles d'administration de la preuve propre à la chronostratigraphie¹¹⁰⁸, l'éventualité de l'introduction de l'époque Anthropocène. Cette idée est mentionnée pour la première fois en 2006, lorsque Zalasiewicz propose au groupe de géologues d'écrire un article pour le mensuel de vulgarisation géologique *Geoscientist*, édité par la GSL (Geological Society of London).

Cette idée est accueillie favorablement au sein de la BGS¹¹⁰⁹. Si cet article ne voit pas le jour, les discussions démarrent sous la forme d'un travail d'écriture collective, mais qui n'est jamais prioritaire – comme une sorte de surplus bénévole de leur activité. L'article est écrit en un peu plus d'un an par les membres de la BSC, mais il est refusé par la GSL et la revue *Geology* de la Geological Society of America (GSA). Cependant, le comité de rédaction de cette dernière propose une publication dans *GSA Today*, le bulletin de la GSA, par conséquent un contexte éditorial moins formel que celui visé initialement par les auteurs mais qui inclut à chaque numéro un article scientifique, ce qui fut le cas du point de vue des géologues sur l'Anthropocène¹¹¹⁰.

L'article est signé exclusivement de stratigraphes professionnels : universitaires, employés de musées, de la British Geological Survey ou de l'industrie, parmi lesquels seule une personne sur vingt-deux ne signe pas l'article¹¹¹¹. Celui-ci fait office de réflexion préliminaire : il se contente d'évaluer la pertinence d'une prise en charge stratigraphique de la notion d'Anthropocène¹¹¹². Toutefois, avant d'aborder cette question, les auteurs rappellent ce sur quoi repose la définition stratigraphique de l'Holocène et notamment la proposition, depuis validée, d'utiliser une carotte glacière réalisée dans le cadre du North Greenland Ice Core Project (NGRIP) ; et plus particulièrement la croissance des valeurs de deutérium, un indicateur

¹¹⁰⁷ Zalasiewicz insiste sur le fait que cette position n'aurait en rien influencé l'accueil de sa proposition, compte tenu de l'ambiance de travail dans la commission de stratigraphie. *Id.*

¹¹⁰⁸ Nous reviendrons sur ces règles dans le chapitre suivant.

¹¹⁰⁹ M. WILLIAMS, « Entretien avec M. Williams », entretien réalisé par P. de Jouvancourt, 12 janvier 2018

¹¹¹⁰ J. ZALASIEWICZ *et al.*, « Are We Now Living in the Anthropocene? », *op. cit.*

¹¹¹¹ Selon Colin Waters, collègue géologue de Leicester, il s'agit de John Cope, de l'Université de Cardiff. C. N. WATERS, « Entretien avec C. Waters », entretien réalisé par P. de Jouvancourt, 10 janvier 2018

¹¹¹² J. ZALASIEWICZ *et al.*, « Are We Now Living in the Anthropocene? », *op. cit.* Il est intéressant de noter que, parmi les quatre références que les auteurs fournissent en tant qu'exemple de mention au terme « Anthropocène », trois sont publiées par des acteurs en lien avec l'IGBP.

de la température locale de l'air. C'est précisément la matérialité de cet élément qui importe du point de vue stratigraphique, c'est-à-dire que l'on puisse placer un Point Stratotypique mondial (GSSP) qui soit un « horizon tangible » dans une séquence stratigraphique, un plan de référence matériel dans lequel soit enregistré « un événement géologique révolu, distinct et corrélable [avec d'autres éléments matériels correspondant à celui-ci de par le monde] plutôt qu'un âge numérique arbitraire ou « abstrait ». » Les auteurs soulignent que les changements provoqués par l'activité humaine étaient mineurs avant la « Révolution industrielle » ; en effet, ces dernières pourraient tout au plus servir à caractériser les strates de l'Holocène, mais n'ont pas créé de nouvelles conditions au niveau global « qui pourraient se traduire en un signal stratigraphique fondamentalement différent¹¹¹³. »

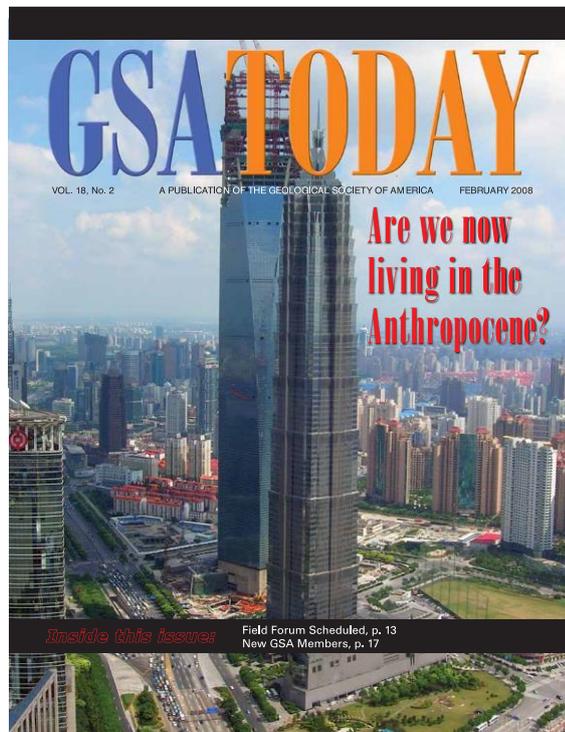


Figure 40 – Couverture du numéro de GSA Today (volume 18 numéro 2) accueillant l'article de Zalasiewicz et ses collègues. Ici le paysage d'immeubles de Shanghai évoque l'importance géologique des activités humaines.

A la différence des écrits de Steffen et Crutzen, le texte ne déploie pas de récit de l'Anthropocène, mais pose sommairement une trame qui permet simplement d'introduire le sujet principal de l'exposé – ici les changements environnementaux pouvant se traduire stratigraphiquement :

¹¹¹³ *Ibid.*, p. 4-5

[...] depuis le début de la Révolution industrielle jusqu'à aujourd'hui, la population humaine mondiale s'est accrue rapidement de moins d'un milliard à ses 6,5 milliards d'aujourd'hui et continue de croître. L'exploitation du charbon, du pétrole et du gaz en particulier a permis l'industrialisation, la construction et les transports de masse au niveau planétaire – les changements qui en résultent couvrent une vaste variété de phénomènes, résumés comme suit.¹¹¹⁴

Du fait de la mise à distance de la narrativité – quand bien même celle-ci est toujours présente – ces changements doivent être envisagés non pas comme des symptômes d'un diagnostic comme chez Crutzen ou Steffen, mais plutôt comme des événements dignes d'enregistrement. Ils restent toutefois similaires : modification de la sédimentation, cycle du carbone, température globale, changements biologiques, changements océaniques.

Les auteurs mettent presque invariablement en rapport le panorama environnemental actuel, celui de l'Anthropocène, avec une double coordonnée : d'une part les virtualités qui les prolongent, c'est-à-dire ce qu'il est possible de dire de leur devenir dans le cadre des savoirs afférents (climatologie, océanologie, etc.), et d'autre part des événements connus de l'histoire de la Terre (Tableau 20). De plus ils consacrent une section à une brève comparaison avec d'autres périodes interglaciaires afin de suggérer un bon « analogue » – en l'occurrence le milieu du Pliocène, il y a 3 millions d'années.

	Références à des prédictions	Référence à l'histoire de la Terre
Sédimentation		« This equates to a distinct lithostratigraphic signal, particularly when considered alongside the preservable human artifacts [...] associated with accelerated industrialization. »
Concentration atmosphérique de CO ₂ et CH ₄	« Conservatively, these levels are predicted to double by the end of the twenty-first century »	« more rapid than those associated with glacial-interglacial transitions »
Température globale	« Temperature is predicted to rise by 1.1 °C to 6.4 °C by the end of this century »	« leading to global temperatures not encountered since the Tertiary. The predicted temperatures are similar to [...] average global temperature rises in the Toarcian (ca. 180 Ma) and at the Paleocene-Eocene thermal maximum (PETM, ca. 56 Ma) »
Extinction d'espèces	« The projected temperature rise will certainly cause changes in habitat beyond environmental tolerance for	« may produce a major extinction event (Wilson, 2002) analogous to those that took place at the K-T boundary and

¹¹¹⁴ *Ibid.*, p. 5

	many taxa »	elsewhere in the stratigraphic column. » « The effects will be more severe than in past glacial- interglacial transitions because, with the anthropogenic fragmentation of natural ecosystems, “escape” routes are fewer»
Niveau des océans	« the IPCC (2007) predicted a 0.19–0.58 m rise by 2100 » « Current pre- dictions are short-term, while changes to the final equilibrium state may be as large as a 10–30 m sea-level rise per 1 °C tem- perature rise »	« This prediction does not factor [...] ice-sheet behavior and accelerating ice loss possibly analogous to those preceding “Heinrich events” of the late Pleistocene and early Holocene »
Acidité des océans	« Projected effects will be physical [...] and biological [...] with potentially severe effects in both benthic [...] and planktonic settings »	« A similar acidification event accompanied the PETM at ca. 56 Ma, and, indeed, its effect in dissolving strata has hindered the precise deciphering of that event »

Tableau 20 – Mises en rapport temporel des changements environnementaux correspondant à l'Anthropocène dans l'article de GSA Today en 2008. On observe ici que ces dernières sont quasi-systématiquement réalisées par rapport au futur spéculatif des sciences et par rapport à des événements de l'histoire de la Terre¹¹¹⁵.

Si chaque composante du panorama est mise en rapport avec un futur et un passé, il faut également ajouter que les auteurs peuvent aussi enchâsser ces temporalités. Par exemple, dans le cas du niveau des océans, les auteurs mentionnent une prédiction du GIEC, fondée sur des calculs et un analogue des événements de Heinrich, larges débâcles d'icebergs ayant eu lieu entre -119000 et -12000 ans. Mais la seconde extrapolation modulant les prédictions du GIEC est précisément fondée sur cet analogue, qui permet de penser un futur possible. Par conséquent, il ne faut pas seulement voir les comparaisons avec l'histoire de la Terre comme une *façon d'enregistrer la dimension historique* des changements géo-écologiques contemporains en les rapportant à un passé, mais aussi comme *manière d'enregistrer cette dimension historique à l'aune d'un possible dérivé d'un analogue du passé* et non pas comme manière d'estimer, même grossièrement, le futur du globe. C'est ce qu'indique à ce titre, au détour d'une parenthèse, la conclusion : « Suffisamment de preuves d'un changement stratigraphique ont apparu (*à la fois écoulés et imminents*) pour la reconnaissance de l'Anthropocène [...]»¹¹¹⁶. »

Les auteurs examinent ensuite les possibles critères stratigraphiques, étant entendu que le temps géologique « est fondé sur la reconnaissance d'événements distincts dans les

¹¹¹⁵ J. ZALASIEWICZ *et al.*, « Are We Now Living in the Anthropocene? », *op. cit.*

¹¹¹⁶ *Ibid.*, p. 7. Nous soulignons

strates¹¹¹⁷. » En d'autres termes, le temps, pour les géologues, est divisé selon « des phases reconnaissables de l'histoire environnementale de la Terre ». En effet, il importe peu que la structure du temps géologique donne lieu à une distribution du temps qui ne soit pas du tout égalitaire : elle est indifférente à la quantité de temps. Par exemple, alors que le Quaternaire et l'Ordovicien sont tous deux des Périodes – au sens géologique – la première possède une durée approximative de 2,5 Ma et la seconde d'environ 42 Ma, soit un ordre de grandeur supérieur (Figure 41).

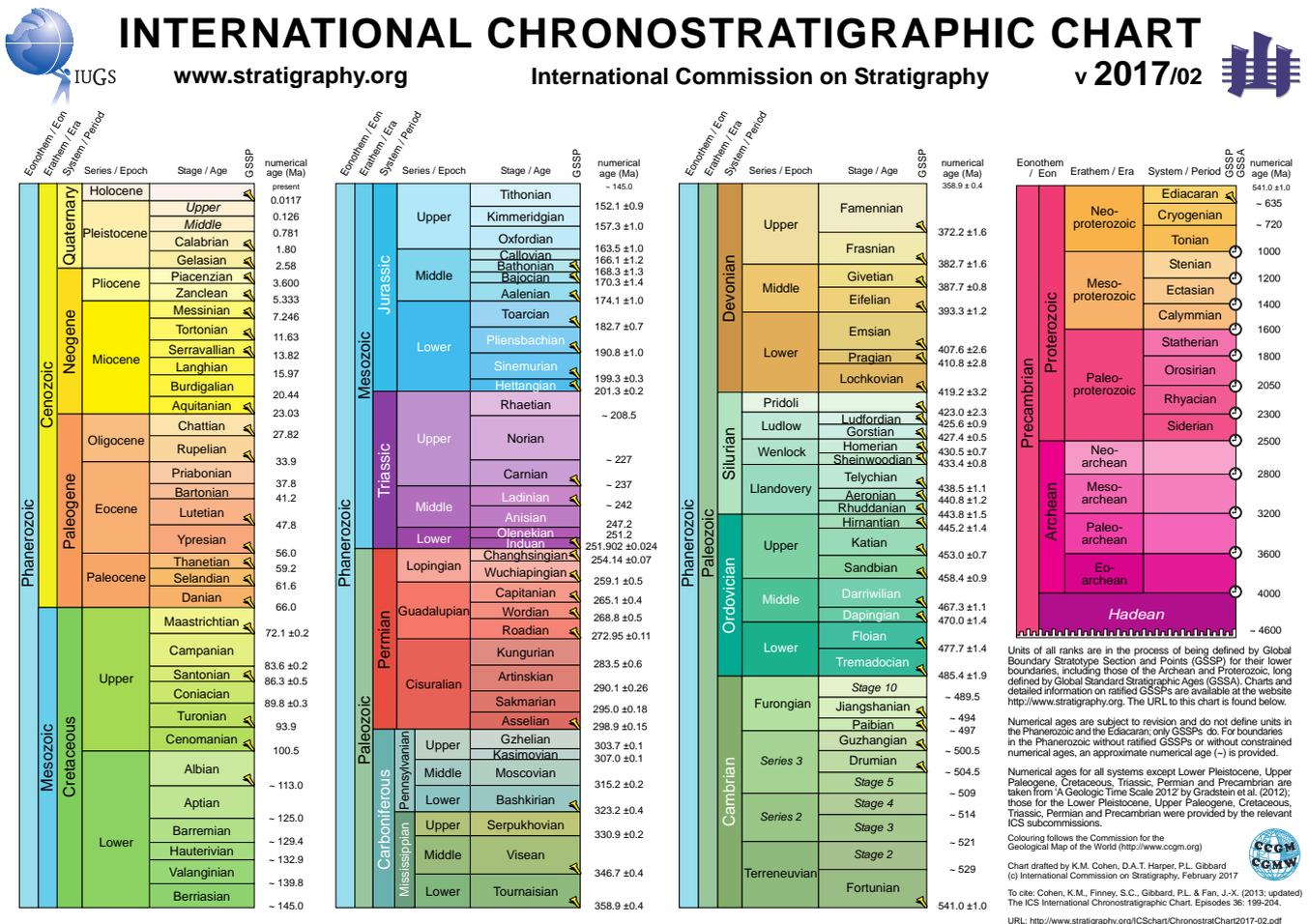


Figure 41 – Charte chronostratigraphique de l'ICS, ou plus prosaïquement chronologie de l'histoire de la Terre. On pourra s'y rapporter pour saisir les enjeux d'échelles et de correspondance entre les deux régimes de temps (roche, temps chronométrique) de la stratigraphie¹¹¹⁸.

Par conséquent, il n'y a pas de raison de s'opposer à une évaluation stratigraphique de

¹¹¹⁷ *Ibid.*, p. 6

¹¹¹⁸ INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY, « International Chronostratigraphic Chart »,

op. cit.

l'Anthropocène : « [...] nous sommes entrés dans une phase de l'évolution de la Terre distincte qui satisfait les critères géologiques pour sa reconnaissance comme unité stratigraphique distincte, déjà informellement nommée Anthropocène¹¹¹⁹. » Celle-ci pourra être placée en tant qu'époque, mais pourrait bien mettre également fin au Quaternaire. Toutefois, compte tenu de « larges incertitudes », les auteurs préfèrent « rester conservateurs »¹¹²⁰. Concernant le choix d'un clou d'or (*Golden spike*), c'est-à-dire d'un GSSP, les auteurs affichent d'intéressants scrupules. En effet, ces derniers estiment qu'une date pourrait être choisie à la fin l'ère « préindustrielle », mais l'Inde et la Chine étant « actuellement en train de suivre leur propre révolution industrielle, la sélection d'un horizon indiquant la fin de l'histoire (occidentale) préindustrielle pourrait être inappropriée¹¹²¹. » Le GSSP pourrait être placé dans une carotte glaciaire ou extraite des sédiments lacustres, dans lesquelles le niveau de CO₂ ou une signature isotopique du carbone pourraient indiquer le commencement de l'industrialisation comme Crutzen et Stoermer l'avaient suggéré. Néanmoins, les changements correspondants seraient trop graduels pour les auteurs : la résolution ne serait pas satisfaisante. En revanche, « d'un point de vue pratique », la répartition globale d'isotopes radioactifs créés par les essais nucléaires des années 1960 pourrait répondre à leurs exigences – quoique datant après coup « une inflexion majeur de l'activité humaine globale. » Enfin, les auteurs ajoutent une troisième hypothèse : le marqueur stratigraphique idéal pourrait être constitué par les traces de sulfate laissés par l'irruption du mont Tabora en 1815¹¹²².

Cette ultime hypothèse éclaire la nature d'un GSSP. En effet, il ne renvoie pas nécessairement à l'événement auquel on cherche à donner un statut au sein du temps géologique mais sert bien plutôt comme point de repère, comme *pur index* ; une séquence géologique peut être « marquée », c'est-à-dire contenir certaines traces, par quelque chose qui ne correspond en aucune manière à ce qui la fonde comme séquence. Cette exigence requiert de prêter attention au fait qu'il ne s'agit guère, pour les géologues et à la différence de Steffen et Crutzen, de *caractériser* l'Anthropocène en tant qu'époque – c'est-à-dire d'en donner les principaux traits historiques, biologiques, géologiques ou climatiques, et d'établir en quoi ils diffèrent de la précédente – *mais d'en établir un repère temporel aisément discernable dans la pratique, une fois admis qu'on a effectivement affaire à une époque qui se distingue de la précédente*¹¹²³.

¹¹¹⁹ Il faut bien ici souligner que l'unité stratigraphique correspond d'abord à la roche formée dans une séquence du temps géologique et non pas à son repère chronologique.

¹¹²⁰ J. ZALASIEWICZ *et al.*, « Are We Now Living in the Anthropocene? », *op. cit.*, p. 6

¹¹²¹ *Ibid.*, p. 7

¹¹²² *Id.*

¹¹²³ Dans un souci de clarté, nous laissons ici volontairement de côté l'éventualité proposée par les auteurs d'avoir simplement recours à une date sur l'échelle chronométrique du temps géologique – et non pas sur

20.2 Création de l'Anthropocene Working Group

Dans un premier temps, l'article ne reçoit pas d'attention de la communauté des géologues contrairement à leur intention initiale. Cependant, Philipp Gibbard, co-auteur de l'article de *GSA Today* et alors président de la sous-commission du Quaternaire au sein de la Commission internationale de stratigraphie (CIS), suggère que certains des auteurs organisent un groupe de travail au sein de la sous-commission du Quaternaire dédié à l'étude de la notion d'Anthropocène du point de vue chronostratigraphique : il s'agit de l'Anthropocene Working Group (AWG)¹¹²⁴. C'est à ce moment, celui de l'institutionnalisation, que la notion d'Anthropocène attire l'attention des pairs. Les deux personnes les plus actives sont collègues à l'université de Leicester : Zalasiewicz assume la présidence et Mark Williams, paléobiologiste et paléoclimatologue, devient secrétaire. Williams pourrait aussi être qualifié de « géologue bipolaire ». Débutant sa carrière comme spécialiste du Cambrien (entre -541 et -485Ma), il a, tout comme Zalasiewicz, travaillé à la British Geological Survey. Celui-ci développe tôt un intérêt pour l'évolution du climat dans son lien avec l'histoire de la vie, intérêt le conduit à travailler également pour la British Antarctic Survey¹¹²⁵. Dans ce cadre Williams se penche sur une période beaucoup plus récente, le Pliocène (entre -5,33 et -2,58 Ma), avec Alan Haywood, géologue de l'université de Leeds et parmi les premiers membres de l'AWG à qui Williams doit son investissement dans les études paléoclimatiques. Le Pliocène a ceci d'intéressant pour Williams qu'il correspond au moment où la concentration de CO₂ a pour la dernière fois atteint le niveau actuel de 400 ppm. Par conséquent, son étude peut aider non seulement à comprendre l'histoire croisée du climat et de la vie, compréhension à laquelle il s'attelait lorsqu'il s'intéressait au Cambrien, mais aussi à saisir les processus actuels ayant lieu chez les vivants¹¹²⁶.

Un autre événement joue dans la création de l'AWG. A la fin de l'année 2008, a lieu le congrès d'automne de l'American Geological Union à San Francisco, un colloque mondial regroupant plusieurs centaines de spécialistes des sciences de la Terre. Ce n'est pas la première fois que des présentations mentionnent le terme « Anthropocène », néanmoins le premier atelier

l'échelle chronostratigraphique – ce qui reviendrait à choisir arbitrairement une date et non pas un élément physique incarnant le changement matériel de séquence temporelle.

¹¹²⁴ Il faut distinguer la Commission britannique de stratigraphie, que préside Zalasiewicz, et la Commission internationale de stratigraphie qui est la seule institution habilitée à statuer, avec ses procédures propres, sur les catégories du temps géologique.

¹¹²⁵ La British geological survey et la British antarctic survey sont deux institutions faisant partie de la National Environmental Research Council (NERC). A ce moment, Williams ne change pas de métier, mais simplement de fonction.

¹¹²⁶ M. WILLIAMS, « Entretien avec M. Williams », *op. cit.*

y est organisé dans une session thématique dédiée au changement global (*global change*)¹¹²⁷. Celui-ci résulte de la fusion de deux ateliers initialement prévus : l'un par Zalasiewicz et Williams devait s'intéresser à l'Anthropocène depuis les SST et la géologie, l'autre par Erle Ellis, géographe états-unien, au sujet de l'éducation et de l'Anthropocène. Cette rencontre frappe alors Zalasiewicz et Williams¹¹²⁸. Ellis étudie et compare au début des années 1990 les systèmes agraires traditionnels et industriels en Chine ce qui le conduit à partir des années 2000 à développer des méthodes pour déterminer les modalités d'occupation humaine des sols sur le long terme – ici de l'ordre de plusieurs décennies¹¹²⁹. L'audience d'Ellis s'accroît considérablement à la fin de cette décennie lorsqu'il entreprend de porter ce type d'analyse géographique à l'ensemble du monde. Il développe alors une typologie d'une vingtaine de « biomes anthropogènes », siège des interactions « entre les humains avec les écosystèmes ». Mais ce sont plutôt les résultats quantitatifs qui frappent les esprits, selon ses travaux, en effet, plus des trois quarts de la surface terrestre libre de glace ont été altérés par des activités humaines sur des durées plus ou moins importantes – de l'ordre de plusieurs millénaires à la décennies¹¹³⁰. Suite à la fusion des ateliers lors de la conférence de l'AGU, les trois acteurs s'y retrouvent avec Haywood, Steffen, Crutzen, McNeill, mais aussi Kathy Hibbard, climatologue états-unienne proche du programme AIMES (SST) et impliquée dans IHOPE, Pamela Watson, ancienne membre de SCOPE, proche des SST et administratrice importante des sciences environnementales aux Etats-Unis, des géologues comme Andrew Kerr, futur membre de l'AWG, des géographes, des climatologues défendant les thèses de Ruddiman, des écologues dont Johnathan Foley, écologue qui publiera des articles largement cités sur l'état de la biosphère.

La description de la mission du groupe indique que les « changements d'origine humaine se refléteront presque certainement dans un enregistrement (*record*) géologique distinct ». Selon ce document, le groupe se compose idéalement de spécialistes des sciences de

¹¹²⁷ Le colloque se divise en session thématiques (biogéosciences, sismologie, etc.), qui regroupent chacune des ateliers.

¹¹²⁸ M. WILLIAMS, « Entretien avec M. Williams », *op. cit.* ; J. ZALASIEWICZ, « Entretien avec J. Zalasiewicz », *op. cit.*

¹¹²⁹ Sur son travail de comparaison et de développement méthodologique voir E. C. ELLIS *et al.*, « Long-term Change in Village-Scale Ecosystems in China Using Landscape and Statistical Methods », *Ecological Applications*, vol. 10, n° 4, août 2000, p. 1057-1073 Puis, à l'aide de méthodes satellitaires : E. C. ELLIS *et al.*, « Measuring Tong-Term Ecological Changes in Densely Populated Landscapes Using Current and Historical High Resolution Imagery », *Remote Sensing of Environment*, vol. 100, n° 4, février 2006, p. 457-473

¹¹³⁰ E. C. ELLIS et N. RAMANKUTTY, « Putting People in the Map: Anthropogenic Biomes of the World », *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 6, n° 8, octobre 2008, p. 439-447 ; E. C. ELLIS *et al.*, « Anthropogenic Transformation of the Biomes, 1700 to 2000 », *Global Ecology and Biogeography*, vol. 19, n° 5, 1^{er} septembre 2010, p. 589-606

la Terre, familiers à la fois de la stratigraphie du temps profond (Cénozoïque ou avant), du Quaternaire ainsi qu'avec les changements environnementaux contemporains, y compris ses projections dans le futur. La comparaison entre ces changements et ceux du passé est un point central de la mission du groupe mais s'y ajoute également la volonté d'évaluer l'utilité d'une formalisation de la notion d'Anthropocène pour les praticiens des sciences de la Terre. Enfin, le document ne mentionne que les propositions de commencement en 1784 et durant les années 1950 – pour la « Grande Accélération »¹¹³¹. Après la création du groupe en 2009, on cherche d'autres membres qui souhaitent se dédier à ce travail. Les invitations qui leur sont adressées précisent qu'aucun financement n'est disponible et que leur tâche sera réalisée principalement par correspondance. Elles indiquent les objectifs principaux : « Le résultat final devrait inclure : des résumés de la comparaison de différents signaux de changement significatifs sur le plan stratigraphique entre le présent et le passé géologiques [...] ; une évaluation de l'utilité d'un tel terme formel pour la communauté scientifique ; et des recommandations à la CIS¹¹³². » Sont d'abord conviés Crutzen, Steffen et d'autres acteurs des SST mais également des chercheurs plus proches des SHS comme McNeill ou l'archéologue Matthew Edgeworth, proche de Williams et de Zalasiewicz. Ainsi, le collectif d'écriture est d'emblée en partie extra-géologique, quoique, comme nous le verrons, l'exercice d'écriture qu'il pratique repose sur des réquisits épistémiques différents des SST et propres à la stratigraphie (Tableau 21).

¹¹³¹ AWG, *Newsletter 1*, 2009

¹¹³² J. ZALASIEWICZ et M. WILLIAMS, « Message d'invitation à la participation à l'AWG », AWG, 2009

2009	2010	2011	2012	2013-2014	2014-2015
Paul Crutzen	Alejandro Cearreta	Alejandro Cearreta	Tony Barnosky	Tony Barnosky	Tony Barnosky
Erle Ellis	Paul Crutzen	Paul Crutzen	Alejandro Cearreta	Alejandro Cearreta	Alejandro Cearreta
Mike Ellis	Erle Ellis	Erle Ellis	Paul Crutzen	Paul Crutzen	Paul Crutzen
Philip Gibbard	Mike Ellis	Mike Ellis	Matt Edgeworth	Matt Edgeworth	Matt Edgeworth
Alan Haywood	Philip Gibbard	Ian Fairchild	Erle Ellis	Erle Ellis	Erle Ellis
Andrew Kerr	Jacques Grinevald	Philip Gibbard	Mike Ellis	Mike Ellis	Mike Ellis
Carlos Nobre	Alan Haywood	Jacques Grinevald	Ian Fairchild	Ian Fairchild	Ian Fairchild
Eric Odana	Andrew Kerr	Alan Haywood	Philip Gibbard	Agnieszka Galuszka	Agnieszka Galuszka
Simon Price	Carlos Nobre	Andrew Kerr	Jacques Grinevald	Philip Gibbard	Philip Gibbard
Mary Scholes	Eric Odada	John McNeill	Peter Haff	Jacques Grinevald	Jacques Grinevald
Will Steffen	Simon Price	Carlos Nobre	Alan Haywood	Peter Haff	Peter Haff
Davor Vidas	Andrew Revkin	Eric Odada	Reinhold Leinfelder	Irka Hajdas	Irka Hajdas
Mike Walker	Mary Scholes	Clément Poirier	Andrew Kerr	Alan Haywood	Alan Haywood
Mark Williams	Will Steffen	Simon Price	John McNeill	Reinhold Leinfelder	Juliana Assunção
Jan Zalasiewicz	Davor Vidas	Andrew Revkin	Carlos Nobre	John McNeill	Catherien Jeandel
An Zhisheng	Mike Walker	Dan Richter	Eric Odada	Cath Neal	Reinhold Leinfelder
	Mark Williams	Mary Scholes	Clément Poirier	Eric Odada	John McNeill
	Jan Zalasiewicz	Will Steffen	Simon Price	Clément Poirier	Cath Neal
	An Zhisheng	Davor Vidas	Andrew Revkin	Simon Price	Eric Odada
		Mike Walker	Dan Richter	Andrew Revkin	Naomi Oreskes
		Colin Waters	Mary Scholes	Dan Richter	Clément Poirier
		Mark Williams	Will Steffen	Mary Scholes	Simon Price
		Jan Zalasiewicz	Davor Vidas	Bruce Smith	Andrew Revkin
		An Zhisheng	Mike Walker	Victoria C. Smith	Dan Richter
			Michael Wagreich	Will Steffen	Mary Scholes
			Colin Waters	Colin Summerhayes	Victoria C. Smith
			Mark Williams	James Syvitski	Will Steffen
			Alex Wolfe	Davor Vidas	Colin Summerhayes
			Jan Zalasiewicz	Michael Wagreich	James Syvitski
			An Zhisheng	Colin Waters	Davor Vidas
				Mark Williams	Michael Wagreich
				Scott Wing	Colin Waters
				Alex Wolfe	Mark Williams
				Jan Zalasiewicz	Scott Wing
				An Zhisheng	Alex Wolfe
					Jan Zalasiewicz
					An Zhisheng

Tableau 21 – Composition de l'AWG en 2009 à 2015. Les géologues sont dominants et mais le groupe comprend dès le départ des acteurs proches des SST. Nous surlignons en vert les primo-arrivants, en rouge les sortants. En cinq ans, deux historiens (Grinevald et McNeill) sont recrutés, de même que le journaliste Andrew Revkin ou le juriste Davor Vidas. Cette période correspond à un moment d'extension du groupe, qui se stabilise par la suite.

Le fonctionnement de ce collectif, dont la composition est un peu improvisée mais attentive à l'expertise, est inspiré de celui de la Commission de stratigraphie britannique que dirige Zalasiewicz : très peu de rencontres, beaucoup de correspondance numérique, possibilité d'échanges ouverts et contradictoires sans nécessité de conclusion, pas de méthodologie explicite et *a priori*¹¹³³. Un des enjeux importants de ces échanges consiste à bien traduire les apports des différentes disciplines en termes géologiques : à évaluer dans quelle mesure les éléments soumis par les différents acteurs peuvent s'incarner dans des strates géologiques. Plus précisément, l'objectif correspond exactement aux exigences exposées dans l'article de 2008 : « [...] nous devons comparer de façon critique le degré et la rapidité (*rate*) du changement environnemental actuel, engendrés par les processus anthropogéniques, avec les perturbations environnementales du passé géologique, afin d'évaluer l'échelle du changement global (*global change*) en des termes géologiques¹¹³⁴. » Le groupe relève bien que les enjeux d'un tel examen, qui doit aussi évaluer l'utilité de la catégorie pour les sciences de la Terre, a de « considérables » conséquences « scientifiques et politiques ». Par conséquent, si l'exercice doit rester confiné « au sein du domaine scientifique », les tenants de l'AWG « devraient être conscients des implications plus larges, tout en n'étant (sans doute) pas influencés par celles-ci »¹¹³⁵.

20.3 Des projets hétérogènes

Si le groupe est bel et bien formalisé, il n'existe guère d'unité de vues au sein du groupe, pas plus qu'une coordination de l'écriture en dehors de l'AWG. Les *projets épistémiques* sont au contraire très variés, c'est-à-dire des agendas de recherche, d'argumentation ou de publication s'articulant autour du développement d'une façon de problématiser, de définir ou de cadrer la question de l'Anthropocène. Si chaque individu possède son propre projet épistémique, articulé avec ses propres intérêts inscrits eux-mêmes dans des problématiques disciplinaires, nous pouvons toutefois distinguer des types de projets en relation avec les exigences épistémiques de l'AWG.

En premier lieu, domine le projet épistémique des géologues. Pour ce groupe, majoritaire, l'AWG est une arène de délibération faisant appel à différentes modalités de l'expertise acquise au sein des trajectoires particulières. Chaque géologue, du fait de son appartenance disciplinaire, se trouve dans une relation de proximité avec les exigences

¹¹³³ Ce mode de recrutement n'est pas propre au Groupe de travail sur l'Anthropocène, mais plutôt une norme de l'instauration des groupes de travail au sein de l'ICS.

¹¹³⁴ M. WILLIAMS, *Anthropocene Working Group Newsletter*, 2009, p. 3

¹¹³⁵ *Ibid.*, p. 4

géologiques relatives à la définition formelle d'une époque. Par exemple, le géologue britannique Ian Fairchild est un spécialiste des spéléothèmes, et c'est pour cette compétence précise, développée biographiquement, qu'il est invité en 2012 au sein de l'AWG. Mais celui-ci est également un habitué des commissions stratigraphiques et s'aligne tout à fait, dans ses contributions et ses relations avec le groupe, avec l'exigence du collectif qui correspond à ces institutions, aussi est-il capable d'entrer en dialogue sur le plan géologique sans expliciter d'écart épistémique¹¹³⁶.

Deuxièmement, nous trouvons les projets de Crutzen et Steffen, et plus généralement ceux issus des SST, qui diffèrent par leur aspect normatif, mais peuvent être saisis dans un même groupe. Il s'agit de reformuler et promouvoir un type de discours savant sur l'urgence écologique héritant d'une vision systémique de la Terre, et résumé dans le terme « Anthropocène ». Le projet épistémique de ces acteurs se confond avec des enjeux de communication et de politique des savoirs en tant que ce projet vise une nouvelle façon de cadrer les sciences géophysiques. De ce fait, Crutzen et Steffen entretiennent leur écart au groupe de l'AWG tout en y participant. En effet, ils vont régulièrement devoir définir deux types de frontières : une première frontière garantissant de la notion d'Anthropocène comme objet légitime de savoir pour les sciences de la Terre dans leur ensemble ; et d'autre part l'explicitation de la différence entre les exigences stratigraphiques et les celles des SST, leur permettant d'affirmer la légitimité de la notion d'Anthropocène pour les SST indifféremment de toute définition stratigraphique. Au sein de ce projet épistémique, il y a donc un non alignement voulu et cultivé avec l'AWG – la présence des acteurs étant alors le support d'une possibilité d'échange autour des différences épistémiques en vue d'une coordination de l'écriture¹¹³⁷.

Troisièmement, la présence d'Ellis fait signe vers un autre projet qui consiste à promouvoir une vision de très long terme de l'Anthropocène, d'un point de vue géographique. En effet, il faut ici rappeler qu'Ellis et Ruddiman publient un article en 2009 dans la revue *Quaternary Science Review* en défense de l'hypothèse de l'Anthropocène précoce. Une telle position s'inscrit bien dans le projet épistémique d'Ellis, qui aide Ruddiman à fonder son argument : la déforestation n'est pas nécessairement proportionnelle à la population, par conséquent les humains, même en nombre réduit aux débuts de l'Holocène, ont pu provoquer

¹¹³⁶ I. J. FAIRCHILD, « Entretien avec I. Fairchild », entretien réalisé par P. de Jouvaucourt, 11 janvier 2018 ; I. J. FAIRCHILD et S. FRISIA, « Definition of the Anthropocene: a View From the Underworld », *London Geological Society, Special Publications*, vol. 395, n° 1, 14 mai 2014, p. 239-254

¹¹³⁷ J. ZALASIEWICZ, « Entretien avec J. Zalasiewicz », *op. cit.* ; C. N. WATERS, « Entretien avec C. Waters », *op. cit.*

par ce biais d'importantes émissions de CO₂ dans l'atmosphère¹¹³⁸. Rappelons également les prises de position d'Ellis au sujet des changements environnementaux. Comme nous l'avons évoqué, Ellis développe des façons de caractériser et de comptabiliser l'occupation humaine des sols. Mais il défend également, dans un article du magazine *Wired* éloquent intitulé « Arrêtez d'essayer de sauver la planète », l'idée selon laquelle « la nature est morte », « avant que vous soyez né, avant que vos parents soient nés, avant que les exilés n'arrivent, avant que les pyramides fussent bâties¹¹³⁹. » Cosignataire du manifeste des écomodernistes, prônant l'intensification technique de l'exploitation de la nature afin de lui dégager de l'espace et in fine de la préserver¹¹⁴⁰, il soutient aussi que la Terre est remodelée par les humains depuis des millénaires, et de citer comme « preuve » : l'extinction de la mégafaune, l'usage extensif de vastes incendies de forêts et enfin l'argument de Ruddiman. Par conséquent, conclue-t-il, il faut « aimer et épouser notre nature humaine, la nature que nous avons créé pour nous nourrir, la nature dans laquelle nous vivons »¹¹⁴¹. L'article de Ruddiman et d'Ellis suscite d'ailleurs une réponse de la part de Zalasiewicz, Steffen, Crutzen et Williams en 2010 : « La raison d'être de l'Anthropocène n'est pas que les humains provoquent les changements. Mais c'est que ces changements [...] atteignent une ampleur qui semble d'un ordre de grandeur comparable à ceux associés avec des perturbations significatives du passé géologique¹¹⁴². » Ainsi existe-t-il un écart substantiel entre les positions épistémiques et politique d'Ellis et les objectifs de l'AWG, qui se doublent d'une certaine versatilité, puisque ce dernier soutient même à la fin des années 2010 une position critique vis-à-vis de la caractérisation géologique de l'Anthropocène, tout en restant membre de l'AWG¹¹⁴³.

¹¹³⁸ W. F. RUDDIMAN et E. C. ELLIS, « Effect of Per-Capita Land Use Changes on Holocene Forest Clearance and CO₂ Emissions », *Quaternary Science Reviews*, vol. 28, n° 27-28, décembre 2009, p. 3011-3015. Nous reviendrons sur la controverse concernant cette hypothèse, ici nous nous contentons d'établir des connexions entre les acteurs et leurs projets.

¹¹³⁹ E. ELLIS, « Stop Trying to Save the Planet », sur *Wired*, 5 juin 2009

¹¹⁴⁰ J. ASAFU-ADJAYE *et al.*, « An Ecomodernist Manifesto », *op. cit.*

¹¹⁴¹ E. ELLIS, « Stop Trying to Save the Planet », *op. cit.*

¹¹⁴² J. ZALASIEWICZ *et al.*, « Response to "The Anthropocene Forces us to Reconsider Adaptationist Models of Human-Environment Interactions" », *Environmental Science & Technology*, vol. 44, n° 16, 15 août 2010, p. 6008

¹¹⁴³ A. M. BAUER et E. C. ELLIS, « The Anthropocene Divide: Obscuring Understanding of Social-Environmental Change », *Current Anthropology*, vol. 59, n° 2, avril 2018, p. 209-227

2016	2017	2019	2019	2020
Tony Barnosky	Tony Barnosky	Tony Barnosky	Tony Barnosky	Tony Barnosky*
Alejandro Cearreta	Alejandro Cearreta	Alejandro Cearreta	Alejandro Cearreta	Alejandro Cearreta*
Paul Crutzen	Paul Crutzen	Paul Crutzen	Paul Crutzen	Andy Cundy*
Matt Edgeworth				
Erle Ellis				
Mike Ellis				
Ian Fairchild	Ian Fairchild	Ian Fairchild	Ian Fairchild	Ian Fairchild*
Agnieszka Galuszka	Agnieszka Galuszka	Agnieszka Galuszka	Agnieszka Galuszka	Agnieszka Galuszka*
Philip Gibbard				
Jacques Grinevald				
Peter Haff				
Irka Hajdas	Irka Hajdas	Irka Hajdas	Irka Hajdas	Irka Hajdas*
Martin Head	Martin Head	Martin Head	Martin Head	Han Yongming*
Juliana Assunção	Juliana Assunção	Juliana Assunção	Juliana Assunção	Martin Head*
Catherien Jeandel	Catherien Jeandel	Catherien Jeandel	Catherien Jeandel	Juliana Assunção
Reinhold Leinfelder	Reinhold Leinfelder	Reinhold Leinfelder	Reinhold Leinfelder	Catherien Jeandel
John McNeill	John McNeill	John McNeill	John McNeill	Reinhold Leinfelder*
Cath Neal	Cath Neal	Cath Neal	Cath Neal	Francine McCarthy*
Eric Odada	Eric Odada	Eric Odada	Eric Odada	John McNeill
Naomi Oreskes	Naomi Oreskes	Naomi Oreskes	Naomi Oreskes	Cath Neal
Clément Poirier	Clément Poirier	Clément Poirier	Clément Poirier	Eric Odada
Dan Richter	Dan Richter	Dan Richter	Dan Richter	Naomi Oreskes
Will Steffen	Will Steffen	Neil Rose	Neil Rose	Clément Poirier
Colin Summerhayes	Colin Summerhayes	Bill Shotyk	Bill Shotyk	Dan Richter
James Syvitski	James Syvitski	Will Steffen	Will Steffen	Neil Rose*
Davor Vidas	Davor Vidas	Colin Summerhayes	Colin Summerhayes	Yoshiki Saito*
Michael Wagreich	Michael Wagreich	James Syvitski	James Syvitski	Bill Shotyk
Colin Waters	Colin Waters	Davor Vidas	Davor Vidas	Will Steffen
Mark Williams	Mark Williams	Michael Wagreich	Michael Wagreich	Colin Summerhayes*
Scott Wing	Scott Wing	Colin Waters	Colin Waters	James Syvitski*
Alex Wolfe	Alex Wolfe	Mark Williams	Mark Williams	Simon Turner*
Jan Zalasiewicz	Jan Zalasiewicz	Scott Wing	Scott Wing	Davor Vidas
An Zhisheng	An Zhisheng	Alex Wolfe	Alex Wolfe	Michael Wagreich*
		Jan Zalasiewicz	Jan Zalasiewicz	Colin Waters*
		An Zhisheng	An Zhisheng	Mark Williams*
				Scott Wing*
				Jan Zalasiewicz*
				Jens Zinke*

Tableau 22 – Evolution des membres de l'AWG entre 2016 et 2020. En vert les membres entrants, en rouge les membres sortants. A noter que seul Crutzen sort : il décède en effet en 2019 (il garde un statut de membre à titre honorifique en 2020).

Les membres votants de l'équipe de 2020 sont signalés par une étoile.

Enfin, on trouve aussi dans ce groupe de travail le juriste norvégien Davor Vidas dont l'intérêt pour de l'Anthropocène est motivé par les modifications du droit international principalement à l'aune des changements touchant aux océans (fonte des glaces de l'Arctique et montée du niveau des océans)¹¹⁴⁴, ainsi que le journaliste de l'environnement Andrew Revkin qui a, dans les années 1990, proposé le terme « *Anthrocene* »¹¹⁴⁵ et Grinevald qui rejoint le groupe en 2010. Relevons également la présence de l'historienne des sciences Naomi Oreskes à partir de 2014. La mise en évidence de cette disparité, permet d'insister sur l'hétérogénéité des motifs qui conduisent les différents acteurs à participer à l'AWG, hétérogénéité qui s'articule aux différents parcours plus ou moins dissociés des SST.

Mais cette disparité est peu à peu compensée par le projet général de l'AWG en tant que groupe, à savoir ratifier l'époque géologique de l'Anthropocène dans la nomenclature. Ainsi, durant la seconde moitié de la décennie 2010, le groupe recrute des spécialistes utiles à l'administration de la preuve stratigraphique¹¹⁴⁶. En outre, à la fin de la décennie, un double statut est mis en place : certains membres sont votants, d'autres détiennent la fonction de conseil¹¹⁴⁷. Cette différenciation est justifiée par l'objectif de faire une proposition formelle à la CIS, impliquant de normaliser le fonctionnement du groupe par rapport aux autres commissions de stratigraphie, où seuls des géologues peuvent effectivement voter¹¹⁴⁸. Enfin, remarquons que l'AWG se stabilise numériquement, recrutant des spécialistes de techniques précises (Tableau 22).

Les membres votants ne comprennent ni les acteurs provenant des SHS, ni ceux des SST. Ainsi, partant d'une composition hétéroclite, l'AWG se recentre vers les normes attendues : l'institution dans laquelle ce groupe s'inscrit impose par son fonctionnement une différence disciplinaire qui semble incontournable. Mais on peut également dire qu'il s'agit pour l'AWG d'une manière d'avancer diplomatiquement envers le milieu de la stratigraphie, en adoptant les règles et les manières de ce champ.

¹¹⁴⁴ Voir la correspondance entre Zalasiewicz et Vidas dans M. WILLIAMS, *Anthropocene Working Group Newsletter*, *op. cit.*

¹¹⁴⁵ « Peut-être les géologues du futur nommeront cette nouvelle ère post-Holocène d'après son facteur causal, c'est-à-dire nous. Nous sommes en train d'entrer dans un âge qu'on appellera peut-être un jour, disons, l'Anthrocène [sic]. Après tout, il s'agit d'un âge géologique de notre fabrication. » A. REVKIN, *Global warming: understanding the forecast*, New York, Abbeville Press, 1992, p. 55.

¹¹⁴⁶ J. ZALASIEWICZ, « Entretien avec J. Zalasiewicz », *op. cit.* ; C. N. WATERS, « Entretien avec C. Waters », *op. cit.*. Le rapport d'activité de 2019 est également clair sur ce point, voir AWG, *Newsletter of the Anthropocene Working Group*, Report of Activities, 9, 2019, p. 3

¹¹⁴⁷ Ce statut est clairement identifié dans le rapport annuel de 2020. Voir AWG, *Newsletter of the Anthropocene Working Group*, Report of Activities, 10, 2020

¹¹⁴⁸ AWG, *Newsletter of the Anthropocene Working Group*, 2019, *op. cit.*, p. 3

20.4 Différenciations épistémiques

Comme nous le voyons, une certaine diversité d'acteurs s'insèrent dans l'AWG : Crutzen, McNeill, et Steffen – tous rédacteurs de définitions du concept d'Anthropocène – participent à ce groupe de travail. Mais peut-on pour autant affirmer qu'il y existe une communauté de vue sur la définition de l'Anthropocène, entre les acteurs proches des SST et ceux de la géologie ? Est-ce que les seconds ne font que suivre les premiers, cherchant à sanctionner leur proposition de concept d'Anthropocène dans la géologie ?

Pour répondre à ces questions, remarquons qu'il arrive que ces acteurs publient dans des contextes conjoints. L'exemple le plus important est la coordination d'un numéro des *Philosophical Transactions of the Royal Academy* par l'AWG, qui donne lieu à deux versions généralistes du concept d'Anthropocène. Non pas qu'ils soient exhaustifs, mais ces articles visent l'ensemble des caractères pertinents pour leur propre perspective respective, en l'occurrence celles des SST et des géologues¹¹⁴⁹.

D'un côté, le nouvel article définitoire de l'Anthropocène des SST, qui constitue pour la décennie à venir la référence de sa définition scientifique, est une nouvelle mouture de la structure des articles précédents mais avec cette fois la participation de Jacques Grinevald, spécialiste de l'histoire des savoirs environnementaux du XXe siècle¹¹⁵⁰. Il s'agit de renforcer encore la charpente argumentative déjà présente qui gagne ainsi en extension. Le récit des précurseurs est davantage alimenté¹¹⁵¹, le Grand Récit de la « relation humains-environnement » est encore plus ample, et le commencement et le séquençement de l'Anthropocène en « étapes » (*stages*) est davantage justifié et inclut un portrait de la situation présente et des enjeux politiques et technologiques qui s'y rapportent¹¹⁵². Les thèses autour de la « Grande Accélération », le rôle des deux grandes guerres du XXe, le tableau de bord

¹¹⁴⁹ Pour une présentation du numéro, voir J. ZALASIEWICZ *et al.*, « The Anthropocene: A New Epoch of Geological Time? », *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 369, n° 1938, 13 mars 2011, p. 835-841. La plupart des contributions offrent un éclairage local sur l'ampleur écologique des activités humaines (les sédiments, les océans, les sociétés) ou encore sur des possibles marqueurs de l'activité humaine (modification des sols, signatures chimiques)

¹¹⁵⁰ Grinevald s'est intéressé aux sciences climatiques, à écologie et à la biogéochimie mais aussi aux racines épistémiques des théories économiques de la décroissance. Ses recherches sur le géochimiste russe Vladimir Vernadsky l'ont conduit à établir un lien généalogique entre ses travaux et ceux de Lovelock à propos de l'hypothèse Gaïa. J. GRINEVALD, *La biosphère de l'Anthropocène*, *op. cit.*

¹¹⁵¹ L'article insiste sur le rôle historique de Vernadsky et Teilhard de Chardin, et l'influence de Bergson sur ces auteurs. Il suggère d'ailleurs un ressort dramatique, plutôt discutable sur le plan historique : « Cependant, au début du vingtième siècle, personne, excepté peut-être Vernadsky en URSS et Henry Adams aux USA, n'imaginait la Grande Accélération de la seconde phase de l'Anthropocène [...] » W. STEFFEN *et al.*, « The Anthropocene », mars 2011, *op. cit.*, p. 845

¹¹⁵² W. STEFFEN *et al.*, « The Anthropocene », mars 2011, *op. cit.*

panoramique sont quant à eux conservés. Parmi les ajouts notables, l'effet de dramatisation est frappant, et institue le concept d'Anthropocène comme une découverte majeure du XXI^e siècle. Ainsi celui-ci est-il comparé aux travaux de Darwin au beau milieu du XIX^e siècle : « Le concept d'Anthropocène, alors qu'il devient de plus en plus connu par le grand public, pourrait bien générer une réaction similaire à celle que Darwin a suscitée¹¹⁵³. » En effet, le concept d'Anthropocène entraînerait des « conséquences sociales », auxquelles s'affronte un phénomène de « dissonance cognitive », perturbant les « systèmes de croyance » de l'économie néo-classique, tiraillé entre le progrès et l'Anthropocène¹¹⁵⁴.

D'un autre côté, les géologues font tout autre chose. Il ne s'agit pas de géologiser le concept d'Anthropocène tel quel, en se contentant d'apporter seulement un peu de roches à l'édifice. A l'instar de l'article de *GSA Today*, les géologues cherchent non pas à expliciter un concept afin d'en promouvoir l'usage mais au contraire à évaluer la signification qu'il peut relever pour une discipline particulière, c'est-à-dire à caractériser les conditions de possibilité d'une stratigraphie de l'Anthropocène¹¹⁵⁵. En d'autres termes, il s'agit de se demander comment *normer le concept d'Anthropocène en une catégorie stratigraphique* : « les âges des unités de roche [*rock units*] et les histoires qu'elles représentent sont [...] déduits virtuellement entièrement à partir de [...] l'enregistrement rocheux »¹¹⁵⁶. Cherchant dans ces enregistrements des « signaux » (lithostratigraphie, chimiostratigraphie, stratigraphie séquentielle, biostratigraphie), il ne s'agit pas de dresser un panorama géologique des maux globaux, ni de rapporter l'actualité géologique de l'Anthropocène à des événements appartenant au passé de la Terre, ni même d'en évaluer l'ampleur future. Bien plutôt les auteurs recensent-ils des *enregistrements matériels possibles* de l'Anthropocène en spéculant non sur l'Anthropocène en lui-même mais sur les roches qu'il laissera dans un futur lointain (Tableau 23).

Lithostratigraphie	Détournement et séquestration de sédiments ; modification des sols marins et terrestres ; constructions
Chimiostratigraphie	Ratio d'isotope du carbone ; plomb ; polluant organiques ; radionucléides
Stratigraphie séquentielle	Variation du niveau des océans
Biostratigraphie	Extinction des espèces ; évolution taxonomique et écologiques

Tableau 23 – Phénomènes caractérisant l'Anthropocène et pouvant être enregistrés.

¹¹⁵³ *Ibid.*, p. 862

¹¹⁵⁴ *Id.*

¹¹⁵⁵ J. ZALASIEWICZ *et al.*, « Stratigraphy of the Anthropocene », *op. cit.*

¹¹⁵⁶ *Ibid.*, p. 1038

Les enregistrements chimiostratigraphiques sont des exemples donnés et non pas une vue générale.

Même si cela n'apparaît pas à première vue, les positions des deux approches sur le problème du commencement de l'Anthropocène ne possèdent pas la même signification. En effet, d'un côté comme de l'autre, ce sont cette fois des dates du calendrier grégorien qui sont choisies comme convention. Pour les acteurs des SST, la date de 1800 est retenue car elle se situe entre 1750, début fébrile de la « Révolution Industrielle » peu marqué dans les relevés de CO₂ et 1850 lorsque cet événement a « [...] presque entièrement transformé l'Angleterre et s'est étendu à d'autres pays [...] » et que la concentration de CO₂ dépasse les valeurs connues pour l'Holocène¹¹⁵⁷.

S'agissant des géologues, la proposition est établie en fonction d'un critère commun à la stratigraphie, à savoir en premier lieu l'échelle et la synchronicité globale et abrupte du « signal » – garants de sa clarté. En 2011, les auteurs entrevoyent la possibilité de choisir les isotopes radioactifs issus des nombreux essais atomiques s'étalant des années 1940 aux années 1970, mais marquent une hésitation : cela « est considérablement plus tard que le début des niveaux accrus de gaz anthropogènes résultants des processus industriels »¹¹⁵⁸. Étant donné les exigences de synchronicité, de résolution et de globalité du « signal » recherché, les auteurs sélectionnent par commodité « une date numérique, tel que le commencement de 1800 dans le Calendrier grégorien ». Cette proposition motivée par la pratique, devrait permettre d'établir « des corrélations des enregistrements stratigraphiques et historiques »¹¹⁵⁹. Elle suppose la volonté de conserver le début de l'industrialisation comme commencement de l'Anthropocène, ce qui semble, sur le plan pratique, contradictoire avec la recherche d'un « clou d'or », c'est-à-dire un index matériel de l'Anthropocène compatible avec la stratigraphie. Ainsi, dans ce cas, le choix du commencement, encore influencé par la position de Steffen et ses collègues, se réalise néanmoins sur un tout autre fondement que le leur. En effet, ce qui convient à la justesse d'un récit est subordonné, chez les géologues, à ce qui convient à une pratique : la corrélation stratigraphique.

Une telle analyse ne va pas de soi dans la mesure où les membres de l'AWG, réunissant acteurs des SST et géologues, analysent au cours des années 2010 des rapprochements ou leurs complémentarités. Du point de vue des deux approches, la « Terre a été poussée en dehors de

¹¹⁵⁷ W. STEFFEN *et al.*, « The Anthropocene », mars 2011, *op. cit.*, p. 848-849

¹¹⁵⁸ J. ZALASIEWICZ *et al.*, « Stratigraphy of the Anthropocene », *op. cit.*, p. 1050

¹¹⁵⁹ *Id.*

la norme de l'Holocène préindustrielle par les activités humaines »¹¹⁶⁰. De plus il existe un échange épistémique entre les deux domaines : la stratigraphie offre de nouvelles données à partir desquelles il est possible d'élaborer ou d'enrichir la compréhension du fonctionnement historique du « système Terre » et, en retour, les SST offrent des interprétations originales des événements géologiques à l'aide de modèles¹¹⁶¹.

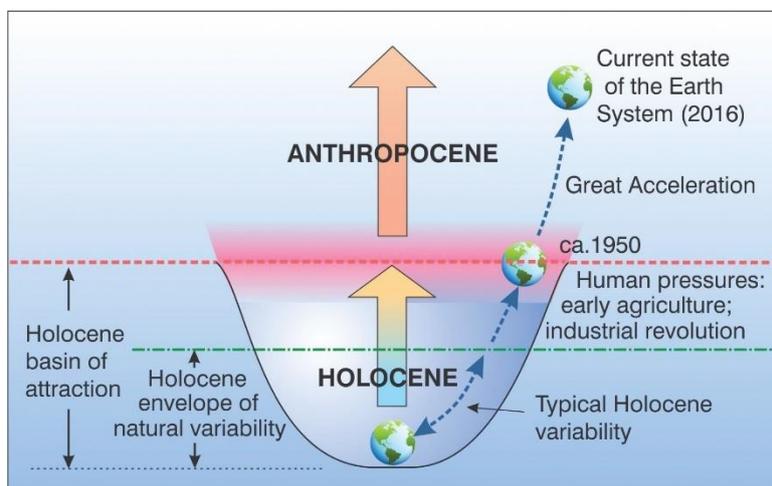


Figure 42 – Bassin d'attraction de l'Anthropocène et de la trajectoire de la Terre dans l'espace des phases¹¹⁶². La ligne verte représente la limite de la variabilité naturelle, alors que la ligne rouge représente la limite du bassin d'attraction. Selon les tenants du concept d'Anthropocène des SST, c'est bien ladite « Grande Accélération » qui constituerait un point de non-retour.

Cependant, cette complémentarité masque selon nous une divergence de trajectoire. Tout d'abord, d'un point de vue général, la stratigraphie s'intéresse à ce qui est *enregistré actuellement dans les roches* et les SST à *l'actualité de l'habitabilité terrestre et aux virtualités de son devenir*. Pour bien saisir ce dernier aspect, il faut souligner que la définition de l'Anthropocène des SST est une définition d'un événement qui trouve sa source dans une rupture du *fonctionnement* du système Terre (Figure 42). Le point central est que l'Anthropocène représente non seulement la sortie des variabilités holocéniques, mais aussi du bassin d'attraction de l'Holocène, c'est-à-dire « ce qui dans un état du système Terre est structurellement et fonctionnellement reconnaissable comme étant l'Holocène et dans lequel

¹¹⁶⁰ W. STEFFEN *et al.*, « Stratigraphic and Earth System Approaches to Defining the Anthropocene », *Earth's Future*, vol. 4, n° 8, 2016, p. 17

¹¹⁶¹ *Ibid.*, p. 3 ; J. ZALASIEWICZ *et al.*, « Petrifying Earth Process: The Stratigraphic Imprint of Key Earth System Parameters in the Anthropocene », *Theory, Culture & Society*, vol. 34, n° 2-3, 1^{er} mai 2017, p. 3-4

¹¹⁶² W. STEFFEN *et al.*, « Stratigraphic and Earth System Approaches to Defining the Anthropocene », *op. cit.*, p. 17

les boucles de rétroaction négatives sont encore dominantes »¹¹⁶³. Le bassin d'attraction constitue ainsi l'ensemble des états du « système Terre » dans lesquels ce système, laissé à lui-même et sans influence humaine, reviendrait à terme aux variabilités holocéniques.

Mais, précisément, une telle définition de l'Anthropocène est seulement d'ordre spéculative dans la mesure où elle s'appuie sur l'hypothèse, certes consolidée par de nombreux faits et simulations, que la Terre, ou plus exactement sa zone de couplage entre la vie et les cycles géochimiques appelée par certains acteurs « Gaïa », est un système complexe qui évolue entre des états plus ou moins stables dans le temps, donnant lieu à une historicité propre, comportant des événements originaux¹¹⁶⁴. Autrement dit, le cœur de l'Anthropocène des SST est avant tout un *pari théorique exhibant un risque majeur*. Qu'il en soit ainsi n'enlève rien à l'intérêt de cette proposition ni de sa fonction de vérité, mais identifier cet aspect permet simplement de le différencier du point de vue stratigraphique sur l'Anthropocène dans lequel il s'agit de caractériser des matérialités afin d'administrer des preuves dans le contexte de normes disciplinaires bien précises. En outre, enfin, le concept d'Anthropocène des SST est fondamentalement narratif et normatif, ce qui n'est guère le cas de l'Anthropocène de la stratigraphie : ainsi ce dernier n'est pas une pure traduction du premier.

20.5 Conclusion

Au chapitre précédent, nous avons constaté que la publication des catégories que nous suivons, celle d'Anthropocène en priorité, était largement tributaire de l'impulsion des SST. Qu'il s'agisse du concept d'Anthropocène elle-même, ou des catégories (« Grande Accélération ») afférentes, le parcours historique jusqu'ici décrit met en évidence un processus de construction conjointe impliquant des alliances ou compromis réalisés au sein d'arènes de travail collectif, bien plus que de la voix de la République des sciences. Parmi ces arènes, l'instauration de l'AWG présente cette double spécificité d'être ouvert et permanent, ainsi que et d'associer des acteurs de multiples champs jusque-là disjoints dans la pratique. De plus, nous avons montré la disparité des premiers travaux publiés dans les *Transactions* notamment leurs différences méthodologiques autant qu'épistémiques, ce qui peut conduire à souligner l'hétérogénéité du groupe et parfois des incompatibilités des différents projets épistémiques au

¹¹⁶³ *Ibid.*, p. 13

¹¹⁶⁴ T. M. LENTON *et al.*, « Tipping elements in the Earth's climate system », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 105, n° 6, 12 février 2008, p. 1786-1793 ; T. M. LENTON et H. T. P. WILLIAMS, « On the Origin of Planetary-Scale Tipping Points », *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 28, n° 7, juillet 2013, p. 380-382

sein de celui-ci.

A ce stade, on peut souligner le contraste entre deux grandes conceptions de l'Anthropocène : celle des SST et celle des géologues. Dans les deux cas, la notion d'Anthropocène relève du registre de l'alerte. En effet, dans les deux milieux, les acteurs révèlent quelque chose de l'ordre d'un « fond commun d'expériences sensibles sans lesquelles aucune vie sociale régulière ne serait possible¹¹⁶⁵. » Ce fond commun, qui se rapporte ici aux conditions d'existence sur Terre depuis les débuts de l'Holocène, est l'objet de l'alerte mais nous avons affaire à deux manières de prendre en charge cette fonction d'alerte. Dans le cas de l'écriture progressive par les acteurs des SST, il s'agit explicitement – comme le montre notamment la récurrence des conclusions de leurs articles – de « mobiliser des instances supposées capables d'agir et, pour le moins, d'informer le public d'un danger, de l'imminence d'une catastrophe, du caractère incertain d'une entreprise ou d'un choix technologique¹¹⁶⁶. » Ainsi, les acteurs des SST s'occupent moins de normer leur catégorie d' « Anthropocène » au niveau disciplinaire – au demeurant, il n'existe pas de discipline « SST » à proprement parler – mais de la perfectionner au gré d'épreuves correspondant à la fois à leur milieu et aux arènes qui lui sont propres, dans le but non pas de faire preuve mais de rendre efficace la vascularisation dans l'espace social d'un argument – l'agentivité géologique de l'humanité¹¹⁶⁷. Pour les SST, la notion d'Anthropocène se renforce en gagnant en *extension* : des arènes de publicisation, de la diversité des arguments, des preuves et de leur inclusivité mais aussi des concepts, notamment *via* la montée en généralité rendue possible par la notion de « système Terre ».

D'un autre côté, les géologues suivent un chemin presque opposé de resserrement. Si ce dernier s'appuie certes sur un processus d'alliance, par l'entremise de l'AWG notamment, la manière d'élaborer la notion d'Anthropocène relève bien plutôt d'une tentative de rendre compatible cette dernière avec les normes disciplinaires de la stratigraphie. Le questionnement central devient alors « comment administrer correctement les preuves s'agissant de la notion d'Anthropocène ? » ou encore « à quelles conditions serait-il possible de parler proprement d'époque géologique d'origine humaine ? ». De ce fait, le pari est alors en quelque sorte de factueliser l'alerte. En effet, dans la mesure où l'alerte reste traditionnellement dans le champ

¹¹⁶⁵ F. CHATEAURAYNAUD et D. TORNY, *Les sombres précurseurs: une sociologie pragmatique de l'alerte et du risque*, Paris, Ecole des hautes études en sciences sociales, 1999, p. 25

¹¹⁶⁶ *Ibid.*, p. 37

¹¹⁶⁷ F. CHATEAURAYNAUD, *Argumenter dans un champ de forces : essai de balistique sociologique*, *op. cit.*

scientifique en décalage par rapport à l'épistémologie politique dominante de ce champ¹¹⁶⁸, on peut considérer que le projet de faire de l'Anthropocène une époque géologique réelle, consiste bien à réinsérer ce qui relevait de l'alerte, et donc du discours exotérique, dans le domaine du fait et ainsi non seulement de normer le discours intérieurement par rapport au domaine légitime (la stratigraphie) mais aussi de le normaliser extérieurement par rapport aux autres types de discours s'y rapportant – puisqu'ils pourront alors précisément s'y rapporter comme à un fait. Comme nous allons le voir, ce projet implique toutefois une position originale par rapport aux attendus de la stratigraphie.

¹¹⁶⁸ Pour lequel tout discours s'écartant des préoccupations pratiques, ou réputées comme telles, sort de ce fait du champ.

Faire de la géologie de l'actuel

*Strata! Just the layering of rocks, a simple physical property*¹¹⁶⁹.

— Jan Zalasiewicz, 2009

Comme manière d'énoncer l'agentivité géologique de l'humanité, la notion d'Anthropocène n'a pas été proposée par des spécialistes de l'histoire de la Terre ou de la hiérarchisation de ses séquences historiques, mais par des acteurs provenant d'un milieu de recherche pluridisciplinaire, les SST, qui s'est développé à l'écart de la géologie depuis ses débuts. Depuis, de nombreuses propositions de commencement de l'Anthropocène ont été faites : il s'agit de repérer à chaque fois ce qui, dans l'action humaine, déploie son influence environnementale. Le commencement peut être ainsi défini à l'aune de ce qui est simplement discernable, discernable au niveau global, incontournable globalement sur une courte durée, ou enfin en fonction d'une causalité qui aurait mené à la situation actuelle (alimentation, structures économiques, rapport de domination) (Tableau 24). Certaines propositions tentent de concilier la nouveauté d'un commencement récent avec une action environnementale humaine sur le long terme, en proposant par exemple le concept de Paléanthropocène¹¹⁷⁰.

¹¹⁶⁹ J. ZALASIEWICZ, *The Earth after us, op. cit.*, p. 15

¹¹⁷⁰ S. F. FOLEY *et al.*, « The Palaeoanthropocene: The Beginnings of Anthropogenic Environmental Change », *Anthropocene*, vol. 3, novembre 2013, p. 83-88

Publication	Année	Commencement	Hypothèse
Glikson	2013	>1.8 Ma AA	Régime carné
Doughty <i>et al.</i>	2010	13,800 AA	Extinction de la mégafaune
Smith & Zeder	2013	11,700 AA	Domestication et agriculture
Ellis <i>et al.</i>	2013	8000–5000 AA	Agriculture et déforestation
Ruddiman	2013	8000–5000 AA	Emissions CH ₄ et CO ₂
Certini & Scalenghe	2011	2000 AA	Anthropisation des sols
Lewis & Maslin	2015	1610	Colonisation des Amériques
Steffen <i>et al.</i>	2011	1750–1800	Industrialisation
Zalasiewicz <i>et al.</i>	2015	1945–1950	Bombe A et « Grande Accélération »

Tableau 24 – Principales propositions pour le commencement de l'Anthropocène dans la littérature dite « scientifique » : géologie, géographie physique, climatologie, biologie. Ma : millions d'années. AA : avant aujourd'hui.

Ainsi, on peut constater qu'une pluralité d'acteurs provenant de disciplines variées tentent de définir le commencement de l'Anthropocène à partir de leurs propres critères. Dans ce chapitre, nous nous intéressons cependant au travail du groupe de géologue qui entreprend de *mettre à l'épreuve* ce concept à l'aune des normes de leur propre discipline. On pourrait alors penser que la question reste schématiquement simple : les séquences historiques de la Terre relevant de strates précisément identifiables, il n'y aurait qu'à déterminer s'il en existe dans le cas de l'Anthropocène. Néanmoins, comme nous allons le voir, le problème posé dans la définition même de cette notion remet en question le cadre même dans lequel la géologie moderne s'est formée¹¹⁷¹.

21.1 Le rôle de l'inactuel dans la géologie

Pour comprendre cet enjeu, il convient de rappeler l'héritage épistémologique de la géologie. Les histoires de la Terre moderne remontent à la fin du XVIIIe siècle à partir des méthodes propres aux historiens de l'époque. Alors que le témoignage non-humain devient central pour établir des « faits » dans la pratique expérimentale¹¹⁷², l'histoire naturelle dépend à cette époque de témoignages humains disséminés dans les textes anciens, et dont l'impartialité ou la justesse reste incertaine. La fiabilité des témoignages doit être établie par l'analyse critique

¹¹⁷¹ Ce chapitre remanie en partie le travail effectué dans le cadre du doctorat et publié sous la forme d'un chapitre dans P. de JOUVANCOURT, « La fin de l'ichtyosaure. Perspectives sur les archives de l'Anthropocène », dans R. Beau et C. Larrère (éd.), *Penser l'anthropocène*, Paris, Presses de Sciences Po, 2018, p. 341-353

¹¹⁷² L'instauration des sciences modernes en tant que processus contre-fictionnel fondé sur une mise en témoin dans l'expérimentation est mise en évidence dans I. STENGERS, *L'invention des sciences modernes, op. cit.*. Ce à quoi on pourrait ajouter que cette mise en témoignage des non-humains dépend elle-même du témoignage des humains devant témoigner de la fiabilité du témoignage non-humain. S. SHAPIN et S. SCHAFFER, *Le Leviathan et la pompe à air : Hobbes et Boyle entre science et politique*, Paris, La Découverte, 1993

des textes – bible, traités, récits médiévaux, etc. Il s’agit de séparer la fiction du « fait », ou plutôt de trier, au sein des fictions en présence, ce qui dépend du témoin de ce qui n’en dépend pas. Deuxièmement, les historiens développent un intérêt pour les « monuments ». Le corpus documentaire comprend des traces matérielles – tombes, arches, pièces de monnaies – ainsi que des systèmes législatifs, des calendriers, des langages. L’accent est mis sur l’objectivité des traces au sens où on valorise leur indépendance par rapport aux témoignages subjectifs. Cette ouverture aux « antiquités » implique alors l’introduction des fossiles, également nommés « antiquités naturelles », qui peuplent peu à peu les cabinets de curiosité. Progressivement les documents textuels ne sont plus utilisés que pour la corrélation *a posteriori*, comme on peut le constater chez Buffon, voire complètement abandonnés¹¹⁷³.

L’histoire standard de la géologie montre ainsi le passage d’un régime documentaire constitué principalement d’écritures humaines vers un régime documentaire non humain dont nous sommes plus familiers, et qui s’inscrit plus généralement dans le processus d’objectivation des sciences¹¹⁷⁴. Ce passage est absolument consubstantiel d’une transformation d’importance capitale, qui implique la métamorphose du cadre dans lequel se déroule l’histoire humaine. Entre le milieu du XVIIIe siècle et la fin du XIXe siècle, les historiens de la Terre ont en effet définitivement abandonné la datation biblique, fondée sur le décompte des générations depuis Adam et Eve — évolution progressive et non pas due aux seuls travaux de Darwin et Lyell — ce qui a multiplié par plusieurs milliers les estimations courantes. Cependant, ce n’est pas tant la « découverte de l’immensité du temps »¹¹⁷⁵ qui compte que la scène qui sous-tend la narration géologique, puisque dans ce long processus est aussi abandonné toute dramaturgie impliquant une relation de l’humanité avec une autre intentionnalité, comme l’atteste l’abandon de la théorie du Déluge. Il s’agit d’une *lente mise en pratique* d’un récit naturel qui n’est plus sous-tendu par la relation entre l’humanité et une transcendance, mais dont la préoccupation est de rendre compte de l’historicité autonome d’une Terre produite par des événements et des processus qui lui sont propres¹¹⁷⁶.

D’où la question de savoir ce qu’est un bon document pour définir l’Anthropocène du

¹¹⁷³ On trouvera cette histoire chez R. RAPPAPORT, *When Geologists Were Historians, 1665-1750*, *op. cit.*

¹¹⁷⁴ L. DASTON et P. GALISON, *Objectivité*, S. Renaut et H. Quiniou (trad.), Dijon, Les Presses du réel, 2012

¹¹⁷⁵ Voir P. RICHEL, *L’âge du monde*, *op. cit.*

¹¹⁷⁶ C’est ce que Martin Rudwick défend indéfectiblement dans son travail, notamment M. J. S. RUDWICK, *Bursting the Limits of Time. The Reconstruction of Geohistory in the Age of Revolution*, Chicago, University of Chicago Press, 2007 et M. J. S. RUDWICK, *Worlds before Adam*, *op. cit.*. Pour une version plus synthétique voir M. J. S. RUDWICK, *Earth’s deep history*, *op. cit.*

point de vue stratigraphique. Dans *The Earth after Us*, Zalaziewicz dépeint les documents adéquats en « preuves tangibles », c'est-à-dire « les objets et traces des événements et processus révolus et préservés sur cette planète »¹¹⁷⁷. Ailleurs, Zalaziewicz et ses collègues écrivent : « Les âges des unités stratigraphiques et les histoires qu'elles représentent sont donc presque entièrement déduites grâce à des preuves tangibles obtenues par l'enregistrement rocheux [*rock record*] », et si l'Anthropocène devait « prendre sa place parmi les autres subdivisions du Phanérozoïque, cela devrait s'exprimer dans l'enregistrement rocheux [*rock record*] par des signaux caractéristiques et manifestes¹¹⁷⁸. » Bien que l'« enregistrement rocheux » ne soit pas un terme technique, il traduit bien l'emploi de la langue anglaise de *record*, comme retenue dans une instance contenant et préservant des traces qui servent à la construction du temps : les « unités chronostratigraphiques » sont couramment considérées comme « l'enregistrement « rocheux », matériel, du temps géologique, et par conséquent l'incarnation physique [*physical embodiment*] (et la preuve) du passage du temps »¹¹⁷⁹.

Ces traces multiples (chimiques, biologiques, physiques, séquentielles, etc.) sont des « proxys », c'est-à-dire des mandataires, grâce auxquels une parole légitime et conséquente sur le temps géologique est rendue possible¹¹⁸⁰. Le maniement de ces mandataires du temps est délicat, car, par définition, les traces se révèlent lacunaires et leur interprétation doit s'élaborer au sein d'un cadre qui appartient au présent, ce qui nécessite une explicitation des références chronologiques¹¹⁸¹. La complexité de l'articulation entre temps et roches se manifeste par l'existence de deux échelles du temps géologique. L'une d'abord chronologique (géochronologie) et l'autre fondée sur la définition d'ensembles rocheux stratifiés (chronostratigraphie)¹¹⁸². Cette dualité du cadre temporel s'explique par deux types de pratiques ; la première vise à définir un temps géologique absolu grâce aux roches et aux méthodes de datation radioactive, l'autre se focalise sur l'enchaînement relatif, le séquençement, des strates, ce qui est historiquement construit par l'analyse paléontologique¹¹⁸³.

¹¹⁷⁷ J. ZALASIEWICZ, *The Earth after us*, *op. cit.*, p. 14

¹¹⁷⁸ J. ZALASIEWICZ *et al.*, « Stratigraphy of the Anthropocene », *op. cit.*, p. 1038

¹¹⁷⁹ J. ZALASIEWICZ, M. WILLIAMS et C. N. WATERS, « Can an Anthropocene Series be Defined and Recognized? », *London Geological Society, Special Publications*, vol. 395, n° 1, 14 mai 2014, p. 40

¹¹⁸⁰ Le terme de *proxy* est régulièrement associé aux termes *record*, *information*, *data*, *archive*, *indicators*. Il exprime un souci du *conséquent* car : « Dans le domaine de l'élaboration du savoir, l'*avis* d'une *résistance* qui s'oppose à l'exercice libre et arbitraire de la pensée s'appelle : « *fait* ». » L. FLECK, *Genèse et développement d'un fait scientifique*, *op. cit.*, p. 176.

¹¹⁸¹ Pour une réflexion sur ce processus, en archéologie, voir Laurent Olivier, *Le sombre abîme du temps : mémoire et archéologie*, Paris, Seuil coll. La couleur des idées, 2008

¹¹⁸² On y retrouve par exemple de façon symétrique éons, périodes, époque et éonothèmes, systèmes, séries.

¹¹⁸³ Zalaziewicz a d'ailleurs proposé de fusionner les deux approches, sans succès. J. ZALASIEWICZ *et al.*, « Chronostratigraphy and Geochronology: A Proposed Realignment », *GSA Today*, vol. 23, n° 3, mars 2013,

Dans ce cadre général, un certain nombre de difficultés se posent à la caractérisation géologique d'une époque comme l'Anthropocène. Non seulement le statut du substrat qui lui correspond pose question, mais, plus largement, le fait que cette époque soit un bloc d'actualisation soulève d'importantes difficultés. Comment penser un bloc temporel dans lequel la définition même de ce bloc s'effectue, et dans laquelle les observateurs sont compris ? Si l'on devait affecter à la géologie un personnage tutélaire, ce pourrait être l'ichtyosaure tel qu'il est mis en scène dans une caricature de Lyell au milieu du XIXe siècle (Figure 43). A l'origine dessinée par Henry De La Bèche, premier directeur du British Geological Survey¹¹⁸⁴, et voulue comme une critique du temps géologique tel qu'il est conçu par Lyell, cette figure de l'ichtyosaure évoque également un personnage disciplinaire pour la géologie à savoir que l'exercice de l'objectivité géologique dépend d'une subjectivité *indifférente à toute actualité géologique par rapport à son objet d'étude*, ce qui peut impliquer une subjectivité non-humaine¹¹⁸⁵. Schématiquement, pour faire la géo-histoire du Crétacé, il ne faut pas être dinosaure ; il faut être d'un autre temps. Ce que, d'une certaine façon, De La Bèche entrevoit est l'expérience de pensée, banale et routinière en géologie, qui consiste à se projeter dans un futur suffisamment lointain, car géologiquement inactuel, afin que les vestiges de la Terre deviennent géologiquement intelligibles. Les expériences de pensée géologiques, de Stoppani à Zalasiewicz, imaginant un géologue du futur observant les traces laissées par le présent, sont révélatrice de cette exigence épistémique. Or ce sens requis de l'inactuel entre en contradiction avec l'actualité inhérente à la notion d'Anthropocène.

p. 4-8. Pour le fonctionnement de la charte chronostratigraphique, on peut consulter par exemple K. M. COHEN *et al.*, « The ICS International Chronostratigraphic Chart », *Episodes*, vol. 36, n° 3, International Union of Geological Sciences, 1^{er} septembre 2013, p. 199-204. Voir également J. HUSS, « La paléontologie : distancier le temps », dans C. Bouton et P. Huneman (éd.), *Temps de la nature, nature du temps : études philosophiques sur le temps dans les sciences naturelles*, Paris, CNRS éditions, 2018, p. 239-265

¹¹⁸⁴ Fank T. Buckland, *Curiosities of Natural History*, London, Richard Bentley, 1857, vii

¹¹⁸⁵ Nous restituons cette histoire de caricature dans P. de JOUVANCOURT, « La fin de l'ichtyosaure. Perspectives sur les archives de l'Anthropocène », *op. cit.*



Figure 43 – Lithographie choisie par Franck Buckland comme frontispice de ses Curiosities of Natural History portraiturant son père, géologue, en ichtyosaure. Au sein d'une végétation luxuriante, un reptile professe un cours dont le propos est illustré par le crâne d'une espèce disparue : les humains. « Vous pouvez constater immédiatement, signale le professeur, que le crâne devant nous appartenait à un animal d'un ordre inférieur — les dents sont très réduites, la puissance de la mâchoire insignifiante ; si bien que la façon dont cette créature se procurait de la nourriture reste encore un mystère¹¹⁸⁶. »

21.2 Rendre la géologie actuelle

Du fait de ce caractère actuel de l'Anthropocène, le projet épistémique des géologues de l'AWG fait l'expérience d'une double difficulté. D'un côté, comme nous allons le voir, un certain nombre de critiques provenant de la géologie leur sont adressées durant les années 2010 : il s'agit surtout de critiques internes liées à la discipline et à ses normes. D'un autre côté, on peut considérer un autre ensemble de critiques externes portant sur le récit sous-jacent à la notion d'Anthropocène, qui apparaît à première vue se concentrer sur le rôle de l'humanité. Sous différents points de vue, il s'avère que la question politique n'est pas étrangère aux deux faces de ces critiques.

¹¹⁸⁶ F. BUCKLAND, *Curiosities of Natural History*, 2^e éd., London, Richard Bentley, 1858

Afin de clarifier le nombre important de critiques provenant du domaine de la géologie, ou qui se placent du point de vue d'un questionnement proprement géologique, il est possible de recenser et classer les principales objections qui sont faites durant les années 2010 aux travaux de l'AWG (Tableau 25).

		Holocène inclut déjà l'action humaine	Origine non stratigra- phique	Peu pertinent pour la pratique	Enoncé politique	Signaux flous ou diachroniques (temps ou espace)	Trop brève	Temps historique plutôt que géologique	Trop contingent au futur
Autin & Holbrook	2012				X	X			
Gale & Hoare	2012			X		X	X		
Gibbard & Walker	2014	X				X	X		
Visconti	2014				X		X	X	
Finney	2014					X		X	X
Wolff	2014						X		X
Head & Gibbard	2015	X		X		X			
Walker et al.	2015			X		X			X
Edwards	2015					X			
Smil	2015						X		X
Klein	2015			X					X
Gibbard & Lewin	2016	X	X	X		X			X
Finney & Edwards	2016		X	X	X	X	X	X	X
De Wever	2016					X		X	
Finney & De Wever	2017		X			X	X	X	
Dutreuil	2018		X	X	X				

Tableau 25 – Principales critiques formulées à l'encontre du travail de l'AWG visant à formaliser la notion d'Anthropocène dans l'échelle des temps géologiques, depuis une perspective des sciences de la Terre.

On peut constater que ces critiques portent d'une part sur la possibilité de faire de la géologie avec l'Anthropocène, s'agissant soit de questions pratiques relatives à l'exercice de la géologie (définition de signaux stratigraphiques clairs, Holocène incluant l'action humaines, utilité), soit encore à une question de temporalité (trop grande brièveté, temps non-géologique, contingence au futur). D'autre part, la critique du caractère politique de la notion d'Anthropocène est un révélateur de son statut d'alerte, certes non explicite dans les articles définitoires de l'AWG, mais elle montre de manière sous-jacente une conception elle-même politique au sujet du rôle que le scientifique est censé occuper en société, à savoir de se trouver du côté de la neutralité axiologique des faits.

Ce dernier point de vue reste sans doute le moins intéressant car il véhicule une

épistémologie classique de la division entre science et société, entre faits et valeurs, opposant artificiellement les *matters of facts* aux *matters of concerns*¹¹⁸⁷. La première voix discordante de deux géologues, et publiée dans *GSA Today*, illustre assez bien une telle position. Les stratigraphes Autin et Holbrook affirment en effet que « la stratigraphie en tant que discipline peut aussi avoir une réputation à protéger. Les disciplines scientifiques conservent leur réputation en fournissant une voix crédible dont la communauté scientifique a besoin dans le débat public. » En effet, si le terme « Anthropocène » participe d'un jargon « tape à l'œil », « être provoquant a de plus grandes vertus dans la culture populaire [*pop culture*] que dans la recherche scientifique sérieuse. » Du reste, il s'agit de bien séparer deux sphères qui doivent rester étanches : un « débat ésotérique sur la nomenclature stratigraphique » n'apporterait rien sur une compréhension claire des changements globaux, et le terme « Anthropocène » doit rester à la « place qui lui est due, à savoir un point focal des guerres culturelles portant sur la reconnaissance et l'interprétation des processus environnementaux¹¹⁸⁸. »

De leur côté, le président de la Commission Internationale de Stratigraphie Stanley Finney et Lucy Edwards, membre de la Commission sur la nomenclature stratigraphique d'Amérique du Nord, estiment que si la formalisation stratigraphique de l'époque Anthropocène a pour but de changer les mentalités, alors elle sert avant tout à provoquer une action politique. Or, demandent ces géologues, « le rôle de la Commission internationale de stratigraphie est-il de faire une telle proposition politique » à l'instar du Pape François ou du gouverneur de la Californie Jerry Brown¹¹⁸⁹ ? Cependant, de telles critiques restent peu nombreuses et peu détaillées au regard des autres, et surtout révèlent bien moins les spécificités du questionnement géologique propre à au concept d'Anthropocène que d'une position par défaut d'un domaine scientifique par ailleurs historiquement peu politisé dans la sphère publique, contrairement aux sciences du climat, à la biologie, ou à la toxicologie. D'autre part, certains contradicteurs à l'entrée dans la nomenclature de l'Anthropocène, dont le président (au milieu des années 2010) de la sous-commission du Quaternaire Philipp Gibbard, reconnaissent que, malgré sa résonance « publique et politique », ce terme peut toutefois susciter un enthousiasme pour la stratigraphie et une invitation à l'action écologique tout à fait bienvenus¹¹⁹⁰.

¹¹⁸⁷ B. LATOUR, *Politiques de la nature : Comment faire entrer les sciences en démocratie*, Paris, La Découverte, 2004 ; B. BENSUADE VINCENT, *L'opinion publique et la science : histoire d'un divorce*, *op. cit.*.

¹¹⁸⁸ W. J. AUTIN et J. M. HOLBROOK, « Is the Anthropocene an issue of stratigraphy or pop culture? », *GSA Today*, 1^{er} septembre 2012, p. 61-62

¹¹⁸⁹ S. C. FINNEY et L. E. EDWARDS, « The “Anthropocene” Epoch: Scientific Decision or Political Statement? », *GSA Today*, vol. 26, n° 3, 1^{er} mars 2016, p. 9

¹¹⁹⁰ P. L. GIBBARD et J. LEWIN, « Partitioning the Quaternary », *Quaternary Science Reviews*, vol. 151,

Dès lors, que fait l'Anthropocène à la géologie ? Quel type de problème les controverses entre acteurs de la géologie révèlent-elles ? Ce qui semble se dégager singulièrement, c'est la possibilité même d'administrer la preuve, de repérer la trace et le signal. A ce stade nous devons rappeler et préciser ce qui a été remarqué au chapitre précédent. Ce que nous appelons ici la trace renvoie au contenu correspondant à l'unité chronostratigraphique considérée, la plupart du temps enregistré dans la roche, à savoir les strates disponibles. Ce contenu informe des caractéristiques principales de la séquence géo-historique considérée : distribution de température, composition chimique, répartition des continents, faune et flore en présence, etc. Afin que l'unité ait un sens, il est important que les divers événements repérés, c'est-à-dire les anomalies par rapport aux régularités connues (qui précèdent, la plupart du temps), puissent se rapporter à une unité chronologique et spatiale (le globe, pour l'histoire de la Terre), et donc repérables à plusieurs endroits sur Terre. Il s'agit là de la dimension proprement géo-historique de l'unité de temps considérée, ce qui lui donne une forme et une signification donnée vis-à-vis de l'histoire de la Terre.

En revanche, le travail des stratigraphes, qui déterminent et formalisent des unités chronostratigraphiques, renverse le problème. En effet, le problème de la trace est alors subordonné à celui du signal. Ce signal se présente en premier lieu comme Point stratotypique mondial (en anglais *Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP)*) qui est un repère matériel géographiquement déterminé, incluant notamment des critères d'accessibilité pratique pour les géologues et de conservation du lieu où ce Point est situé. Il s'agit d'un repère matérialisé par le fameux « clou d'or » ou *golden spike*, toujours situé dans des sédiments marins, à l'exception de celui de l'Holocène, se trouvant dans une carotte de glace du Groenland¹⁹¹. A ce repère matériel est associée une trace, par exemple la composition isotopique d'un élément dans la strate contenant le GSSP ou encore la présence d'un type de paléobactérie. Il s'agit du marqueur principal, dont la répartition doit être idéalement globale et synchrone, mais ce marqueur n'est pas *nécessairement signifiant pour l'unité chronostratigraphique donnée* : un marqueur principal pour l'Anthropocène n'a pas nécessairement de lien avec ses causes ou ses traits particuliers. En principe, le marqueur principal est ainsi un *pur signifiant*, même si en pratique cela reste rarement le cas. A ce marqueur principal, les stratigraphes peuvent associer des marqueurs secondaires, qui

1^{er} novembre 2016, p. 137

¹⁹¹ M. WALKER *et al.*, « Formal Definition and Dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the Base of the Holocene Using the Greenland NGRIP Ice Core, and Selected Auxiliary Records », *Journal of Quaternary Science*, vol. 24, n° 1, janvier 2009, p. 3-17

constituent d'autres traces caractéristiques de la strate en question et qui se retrouvent donc au voisinage du GSSP. Ce n'est qu'en seconde instance qu'une signification géo-historique peut être donnée au GSSP, ou plutôt à ce dont il est l'index, mais cette signification n'est pas l'objet premier, en principe, de la formalisation d'une unité chronostratigraphique, elle est en elle-même ouverte à l'interprétation et à la révision d'autres géologues en dehors du cadre de la Commission internationale de stratigraphie (CIS)¹¹⁹².

Il faut de plus rappeler que ce choix, réalisé par un groupe de travail dédié, ne vaut pas sanction de la communauté. En effet, l'administration de la preuve comporte également une série d'épreuves de l'administration stratigraphique. Chapeauté par l'Union internationale des sciences géologiques (International Union of Geological Sciences (IUGS)), la CIS coordonne la construction collective du temps géologique à l'échelle internationale. Elle se structure en dix-sept sous-commissions, correspondant aux quinze Périodes géologiques auxquelles deux commissions techniques sont ajoutées¹¹⁹³. Parmi ces sous-commissions, se trouve la Sous-commission du Quaternaire, qui correspond aux 2,58 millions d'années précédentes et comprend officiellement deux Epoques géologiques (elles-mêmes divisées en Ages géologiques) : le Pléistocène (-2,58 MA ; - 11 700 A) et l'Holocène (- 11 700 A ; 0). La notion d'Anthropocène est très rapidement proposée comme époque géologique, par conservatisme épistémique. En effet, si, par exemple, la concentration de dioxyde de carbone émise actuellement est inédite depuis 3 millions d'années, c'est-à-dire depuis la période géologique précédant le Quaternaire, les géologues de l'AWG estiment dès 2011 qu'il est plus raisonnable d'en rester à un étage inférieur s'agissant d'une époque géologique caractérisée par l'action humaine¹¹⁹⁴. Comme nous l'avons vu, c'est précisément au sein de la sous-commission du Quaternaire qu'est ainsi créé le groupe l'AWG en 2009.

¹¹⁹² Voir à ce sujet l'excellente introduction de C. N. WATERS *et al.*, « Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) for the Anthropocene Series: Where and How to Look For Potential Candidates », *Earth-Science Reviews*, vol. 178, 1^{er} mars 2018, p. 379-429.

¹¹⁹³ Rappelons ici que la hiérarchie du temps géologique est la suivante dans l'ordre d'inclusivité : Eon ; Ere ; Période ; Epoque ; Age. Ce qui signifie que la structure de la CIS n'est pas faite selon la structure du temps, mais selon la répartition la plus intéressante et la plus pratique du point de vue des géologues.

¹¹⁹⁴ J. ZALASIEWICZ *et al.*, « The Anthropocene », *op. cit.* Sur les analogues climatiques du passé géologique, voir K. D. BURKE *et al.*, « Pliocene and Eocene provide best analogs for near-future climates », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, n° 52, 26 décembre 2018, p. 13288-13293.

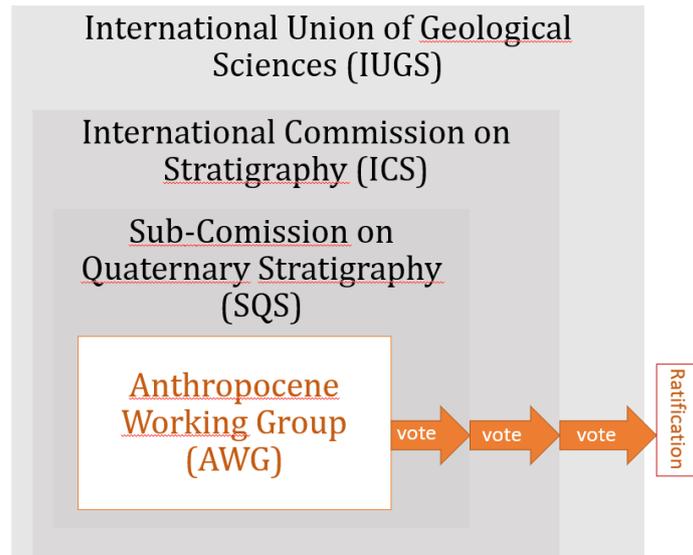


Figure 44 – Emboîtement institutionnel et parcours de validation d'une proposition d'un GSSP pour l'Anthropocène.

Or, afin que l'époque géologique de l'Anthropocène soit entérinée dans la nomenclature, un processus doit se mettre en branle, comprenant une sanction institutionnelle à chaque étage de cet emboîtement administratif : l'AWG doit émettre une proposition *formelle* de GSSP (ce qui n'est pas encore le cas) ; cette proposition doit être soutenue par la Sous-commission du Quaternaire ; elle est ensuite soumise au vote des membres de la CIS ; enfin, le résultat de ce vote doit être ratifié par le Comité exécutif de l'Union internationale des sciences géologiques (Figure 44). Seule une majorité d'au moins 60% à chaque vote peut valider chaque étape se déroulant au sein de la CIS¹¹⁹⁵. Comprendre ce fonctionnement institutionnel permet de saisir un enjeu important auquel fait face le collectif de l'AWG : en effet il faut non seulement se mettre d'accord dans le groupe, mais également convaincre un grand nombre de non-spécialistes de l'Anthropocène du problème auquel on fait face. Or, comme nous l'avons déjà souligné, d'abondantes critiques ont émergé dans le champ de la géologie, parmi lesquelles les voix de Gibbard et Finney. Le premier est membre de l'AWG depuis ses débuts et préside respectivement au milieu des années 2010 la Sous-commission sur le Quaternaire, et le second préside la CIS au même moment. La difficulté de cette situation est réellement prise à bras le corps par l'AWG qui répond régulièrement aux critiques disciplinaires, au point d'en réaliser une compilation dans un article édifiant en 2017¹¹⁹⁶. En outre, il faut prendre en compte les

¹¹⁹⁵ C. N. WATERS *et al.*, « Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) for the Anthropocene Series », *op. cit.*, p. 380

¹¹⁹⁶ J. ZALASIEWICZ *et al.*, « Making the Case for a Formal Anthropocene Epoch: An Analysis of Ongoing Critiques », *op. cit.*

temporalités propres à ce processus. Comme le remarquent Zalasiewicz, Williams, Crutzen et Steffen, il a fallu deux décennies pour définir la Période Ordovicienne et c'est : « seulement cette année que la Période du Quaternaire (dans laquelle nous vivons) a été formellement modifiée afin de correspondre plus exactement au commencement de la glaciation générale sur Terre, après un processus qui peut mieux être qualifié de frauduleux. Il est peu probable que l'Anthropocène effectuera un passage simple et sans contestation à travers les divers comités, en particulier du fait de sa nouveauté, pas simplement comme unité de temps, mais aussi comme objet d'analyse et d'attention, qui sont en effet sans précédent¹¹⁹⁷. »

A côté de cet enjeu important, relatif aux relations internes à la géologie, le problème principal, nous semble-t-il, consiste bien à défendre la possibilité d'une géologie de l'actuel. Cette possibilité, comme nous l'avons défendu, se heurte à l'habitus princeps de la géologie, personnalisé par la figure de l'ichtyosaure, et l'on pourrait affirmer qu'il constitue le centre du faisceau de problèmes auquel l'AWG est confronté dans les années 2010. L'actualité comprend en effet non seulement la durée dans laquelle le présent est inscrit, mais aussi *ce qui concerne ce présent, ce qui le caractérise comme moment singulier*. L'actuel géologique se rapporte ici à la récente dimension géologique de l'action humaine, du moins des conséquences de l'action d'une partie de l'humanité. Certes, on peut défendre que cette action a eu, au moins dès le début de l'Holocène, une influence sur son milieu de déploiement à l'échelle globale. Ainsi, en effet, certains auteurs ont fait valoir l'extinction de la mégafaune ou des paléoémissions de gaz à effets de serre, ou encore la modification profonde des paysages par les activités agricoles et d'élevage, afin de défendre l'idée d'un Anthropocène beaucoup plus ancien que celui généralement admis¹¹⁹⁸. Cependant, la question doit rester géo-centrée, au sens où ce « géo » se rapporte à deux critères épistémiques ichtyausoriens. Le premier est celui de la *connaissabilité dans le futur inactuel* : par exemple, l'altération ancienne du couvert végétal – qui serait un critère biogéographique – ne sera pas *visible* dans les strates géologiques dans 100 millions d'années, lorsque l'actuel sera révolu. Ce premier critère comporte l'exigence des strates présentes : globalité et synchronicité relative.

¹¹⁹⁷ J. ZALASIEWICZ *et al.*, « The New World of the Anthropocene », *Environmental Science & Technology*, vol. 44, n° 7, avril 2010, p. 2229

¹¹⁹⁸ Voir par exemple W. F. RUDDIMAN, M. C. CRUCIFIX et F. A. OLDFIELD, « Introduction to the early-Anthropocene Special Issue », *The Holocene*, vol. 21, n° 5, août 2011, p. 713-713 ; E. C. ELLIS *et al.*, « Dating the Anthropocene: Towards an Empirical Global History of Human Transformation of the Terrestrial Biosphere », *Elementa: Science of the Anthropocene*, vol. 1, n° 1, 4 décembre 2013, p. 000018 ; A. GLIKSON, « Fire and Human Evolution: The Deep-Time Blueprints of the Anthropocene », *Anthropocene*, vol. 3, novembre 2013, p. 89-92. Sur la distinction entre le diachronique et les requis de la définition de l'Anthropocène, voir J. ZALASIEWICZ *et al.*, « A Formal Anthropocene is Compatible with but Distinct From its Diachronous Anthropogenic Counterparts: A Response to W.F. Ruddiman's 'Three Flaws in Defining a Formal Anthropocene' », *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, vol. 43, n° 3, 1^{er} juin 2019, p. 319-333

Le second critère recompose en quelque sorte le premier, c'est celui de la *résolution du regard géologique*. L'Époque « Anthropocène » se situe dans un passé très récent, ce qui implique que des données de très haute résolution soient disponibles, comparativement à ce qui est possible en règle générale en géologie. Par exemple, selon la Charte internationale de stratigraphie, le « clou d'or » délimitant les périodes du Trias et du Jurassique est situé à – 201,3 Ma, mais avec un intervalle d'erreur de 200 000 ans. Beaucoup plus proche de nous, le commencement de l'Holocène dans la définition formelle de 2014 est daté à – 11703 années, mais avec un intervalle d'erreur (à 95%) de 99 années, celui-ci dépendant d'un facteur très pratique : l'incertitude due à la technique de comptage des couches d'une carotte de glace provenant du Groenland¹¹⁹⁹. En ce qui concerne l'Anthropocène, la résolution des données est telle qu'il est possible de placer son éventuel Point stratotypique à l'année près, voire encore moins. Ainsi, du fait de cette proximité, l'exigence d'établir la synchronicité et la globalité est plus forte. Afin de saisir ce problème on peut prendre l'exemple de l'événement séparant le Crétacé du Paléogène, et en particulier ce qui s'en est suivi, à savoir la cinquième extinction de masse et la disparition de nombreux dinosaures. Un tel événement s'est sans aucun doute déroulé en plusieurs milliers d'années. Même l'accumulation d'iridium dans les sédiments, due à la chute de la météorite de Chicxulub, a dû prendre plusieurs siècles. En revanche, au regard de l'ancienneté de l'événement, d'environ 66 millions d'années, il s'agit presque d'un point dans le temps, facilement repérable. En d'autres termes, il y a synchronicité de cet événement-frontière, du point de vue contemporain mais sans doute pas du point de vue des dinosaures qui se sont lentement et inexorablement éteints. En revanche, il n'en est pas de même pour l'Anthropocène : ce qui est synchronique pour un passé lointain, ne le serait pas transposé dans le présent. En d'autres termes, l'exigence de synchronicité se réduit à mesure que l'on se rapproche du présent, et que les technologies de datation s'affinent. C'est pourquoi tout « clou d'or » repéré en fonction de processus trop longs ne peuvent fonctionner : ils sont *diachroniques au regard de la disponibilité de l'information géologique sur l'actualité*.

Ainsi, rendre la géologie de l'actuel, ce n'est pas nécessairement, pour les géologues de l'AWG, défaire entièrement l'ichtyosaure. Il ne s'agit pas tant de la difficulté à penser les catastrophes, et donc les événements géologiques, dans un contexte traditionnellement uniformitariste, dans la mesure où des événements brutaux géologiques font depuis longtemps

¹¹⁹⁹ M. WALKER *et al.*, « Formal Definition and Dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the Base of the Holocene Using the Greenland NGRIP Ice Core, and Selected Auxiliary Records », *op. cit.*. Pour l'échelle des temps géologiques et la charte internationale de stratigraphie, voir le site dédié de l'ICS <https://stratigraphy.org/timescale/>.

partie de l'histoire de la Terre sanctionnée par les géologues. Bien plutôt, le pari que constitue le projet de faire une stratigraphie de l'Anthropocène, comme un défi lancé à l'ichtyosaure du futur, c'est d'apprendre non pas à penser dans le présent sa pratique et sa mise en savoir, mais à *renouveler ses pratiques pour pouvoir continuer à penser depuis le futur*.

21.3 Sémiotisation et événement

Une fois exposés les enjeux du problème de l'actualité dans la définition stratigraphique de l'Anthropocène, il est possible de saisir ce qui constitue un trait fondamentalement original mais peu aperçu de cette catégorie, et ainsi de mettre au jour la spécificité de ce mode du dire géologique. Afin de l'énoncer succinctement, on peut citer à ce propos les termes mêmes dans lesquels l'AWG reconnaît le décalage entre son objet et ceux de la stratigraphie – et, sans doute, plus largement de la géologie : à savoir qu'une définition récente de l'Anthropocène suppose qu'« il y a davantage d'archives potentielles disponibles pour lui que pour la plupart des Points stratotypiques mondiaux, si ce n'est tous »¹²⁰⁰. Ainsi, la définition géologique de l'Anthropocène non seulement rencontre des problèmes de cadrage temporel, non seulement décale le regard et modifie la manière dont les critères de synchronicité et de globalité sont appliqués, mais se trouve aussi dans situation étrange où tout se passe comme si ce qui était évident ne pouvait cependant pas être défini, comme si l'abondance des traces actuelles ne pouvait être stabilisée dans un dire géologiquement normé. Afin de comprendre ce problème, il convient de décrire le processus de sémiotisation effectué par l'AWG au cours de son existence et la manière dont il articule la profusion des archives géologiques. Par processus de sémiotisation, nous entendons le processus par lequel un contenu donné est transformé et mobilisé en signe, supposant une série de micro-dispositifs permettant de faire circuler la référence, tel que décrit par Latour¹²⁰¹. Ici, nous ne décrivons pas une telle série, mais analysons la distribution et la fonction des signaux de l'Anthropocène, par rapport à ses archives.

Comme nous l'avons vu, l'AWG se donne pour objectif de déterminer comment une trace donnée va signaler la limite inférieure de l'Anthropocène (marqueur primaire) mais aussi de déterminer des marqueurs secondaires caractéristiques de l'époque géologique en question. Issue d'un article de l'AWG, la Figure 45 montre schématiquement que de nombreuses options

¹²⁰⁰ C. N. WATERS *et al.*, « Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) for the Anthropocene Series », *op. cit.*, p. 381

¹²⁰¹ B. LATOUR, « Sol amazonien et circulation de la référence », *op. cit.*

sont disponibles pour caractériser géologiquement l'Anthropocène et plus particulièrement pour en définir le marqueur principal – et nous avons vu que ce marqueur peut ne pas renvoyer à l'action humaine. Cependant, la Figure 45 permet également d'entrevoir l'étendue et la diversité de ce que nous pouvons nommer *l'enregistrement de l'Anthropocène* à savoir ce qui est susceptible de demeurer dans un futur lointain comme singularisant cette séquence du temps géologique¹²⁰².

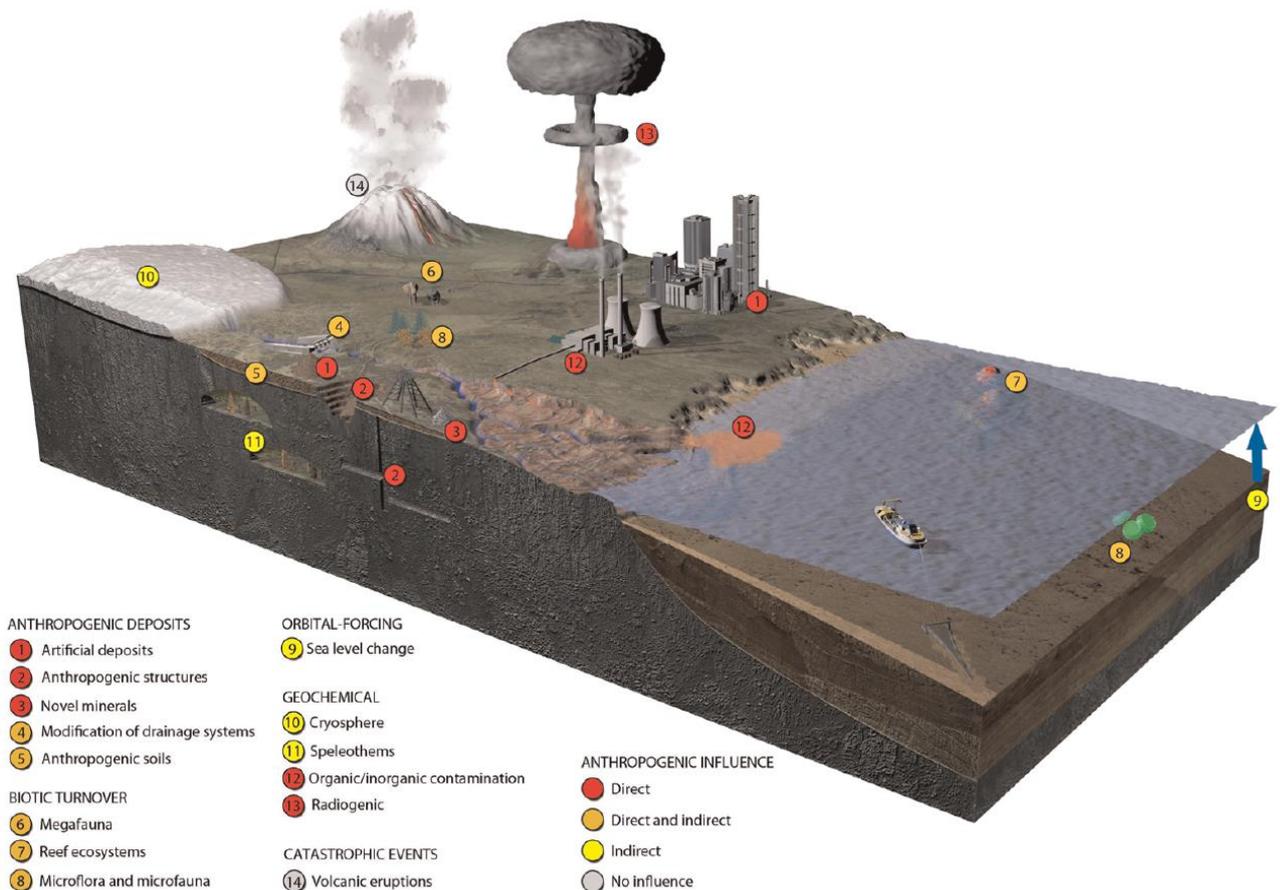


Figure 45 – Schéma montrant des exemples de ce qui pourrait constituer des signatures stratigraphiques pouvant être utilisées pour définir des marqueurs pour l'Anthropocène. Ce schéma est issu d'un article qui propose que le marqueur principal soit défini en fonction d'isotopes radioactifs, mais il montre aussi la diversité des éléments à disposition pour toute définition stratigraphique de l'Anthropocène¹²⁰³.

¹²⁰² Il convient de préciser que ces divers éléments ne sont pas enregistrés de la même façon. En particulier, les constructions humaines ne résisteraient sans doute pas à plusieurs milliers d'années d'érosion. Ce qui compte, c'est qu'elles soient enregistrées de la bonne manière en fonction de leur nature : en l'occurrence que ces constructions soient capturées dans les sédiments, ce qui arrive dans des zones favorables à une sédimentation relativement lente et uniforme à l'échelle des temps géologiques, c'est-à-dire en particulier dans les deltas, les lacs, ou dans les rivages soumis à une élévation lente des eaux. Le mode d'enregistrement pour des composés chimiques seraient en partie différent, comprenant d'autres possibilités.

¹²⁰³ C. N. WATERS *et al.*, « A Stratigraphical Basis for the Anthropocene? », *Geological Society*,

Un problème important soulevé par certains géologues adoptant le point de vue de l'ichtyosaure du futur est alors le suivant : on ne peut pas statuer sur une époque dont on ne connaît pas la nature, *puisque celle-ci est révélée par le ce qui doit subsister après le passage du temps*, c'est-à-dire *puisque on ne peut connaître l'enregistrement du futur* — que sait-on, en effet, de ce que la sédimentation contemporaine va enregistrer pour de bon¹²⁰⁴ ? A cette remarque, Zalasiewicz et ses collègues objectent que les changements induits par l'activité d'origine humaine sont « traçables par les scientifiques d'aujourd'hui, et non pas uniquement par des géologues du « futur lointain » »¹²⁰⁵. En effet, de manière contre-intuitive, ce n'est pas tant le changement climatique et l'élévation du niveau des océans qui constituent le fondement d'un tel jugement, mais bel et bien ce qui peut se mesurer dès aujourd'hui. Certes, le changement climatique à lui seul, avec ses conséquences que l'on anticipe, pourrait nous faire sortir de la variabilité climatique correspondant à l'Holocène, et même à celle du Quaternaire. De même, si le rythme de destruction des habitats et d'exploitation des vivants est maintenu, on peut anticiper que l'extinction de masse (environ trois quarts des espèces éteintes) sera visible dans de futures strates.

En revanche, pour les géologues de l'AWG, il existe déjà de très nombreux enregistrements, *non seulement actuels mais déjà probants*, qui permettent de qualifier géologiquement l'Anthropocène. Il s'agit bien entendu des concentrations d'acidité de l'océan et de CO₂, dont la variation est de plusieurs ordres de grandeur supérieure à celle correspondant à la limite entre l'Holocène et le Pléistocène, ou encore de la redistribution massive du vivant due aux échanges marchands et à l'industrialisation de l'agriculture et de l'élevage¹²⁰⁶. Mais ce signal n'est qu'un aspect du vaste paysage signalétique à disposition de qui entreprend de faire de la stratigraphie de l'humanité. A titre d'exemple, il est possible de mentionner les dépôts d'origine humaine, faits de déchets, d'ensembles urbains, de constructions en tout genre, et qui contiennent les plus grandes variétés de nouveaux minéraux depuis la Grande Oxydation, première extinction de masse de l'histoire du vivant sur Terre il y a 2,4 milliards d'années¹²⁰⁷.

London, Special Publications, vol. 395, n° 1, 14 mai 2014, p. 1-21

¹²⁰⁴ C'est l'argument de S. J. Gale et P. G. Hoare, « The stratigraphic status of the Anthropocene », *The Holocene*, juillet 2012, p. 0959683612449764 ; G. Certini et R. Scalenghe, « Is the Anthropocene really worthy of a formal geologic definition? », *The Anthropocene Review*, avril 2015, vol. 2, n° 1, p. 77-80 ; V. Rull, « A futurist perspective on the Anthropocene », *The Holocene*, août 2013, vol. 23, n° 8, p. 1198-1201.

¹²⁰⁵ J. ZALASIEWICZ, M. WILLIAMS et C. N. WATERS, « Can an Anthropocene Series be Defined and Recognized? », *op. cit.*, p. 40

¹²⁰⁶ M. WILLIAMS *et al.*, « The Palaeontological Record of the Anthropocene », *Geology Today*, vol. 34, n° 5, 2018, p. 188-193

¹²⁰⁷ J. ZALASIEWICZ, R. KRYZA et M. WILLIAMS, « The Mineral Signature of the Anthropocene in its Deep-Time Context », *London Geological Society, Special Publications*, vol. 395, n° 1, 14 mai 2014, p. 109-117

L'aluminium, le béton (la roche anthropocénique la plus abondante¹²⁰⁸), les plastiques, les produits de la combustion de carburant, même si parfois inventés il y a plusieurs siècles, sont soit répartis sur le globe après la Seconde Guerre mondiale, soit se sont depuis répandus dans tous les milieux y compris les fonds marins. Certains constituent dès aujourd'hui un « marqueur permanent à la fois dans les sédiments et les glaces »¹²⁰⁹. De plus, l'enregistrement sédimentaire inclut également une ample signature géochimique comme de nombreux produits toxiques comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques, les PCB, les pesticides, le plomb¹²¹⁰, mais aussi une large perturbation des cycles de l'azote et du phosphore, supérieure aux flux holocéniques, qui ont aussi des conséquences stratigraphiques dans la mesure où les lieux privilégiés de formation des strates (où la sédimentation peut s'effectuer lentement, comme les lacs ou les deltas) en sont grandement affectés¹²¹¹.

On peut ainsi concevoir la situation dans laquelle l'AWG doit énoncer sa proposition non pas comme une situation de rareté signalétique, comme c'est le cas des métiers qui s'attellent à reconstituer un passé fragmentaire (histoire, archéologie, paléologie, géologie), mais peut-être au contraire comme une situation d'abondance signalétique, en partie héritée des techniques de traçage que nous avons décrites au cours de la partie précédente. Cette différence est assez bien illustrée avec une proposition publiée en 2018 par un groupe d'acteurs comprenant des membres de l'AWG, selon laquelle le poulet d'élevage, ou poulet de chair, pouvait constituer un signal pour l'Anthropocène. En effet, comme l'affirment les auteurs, ce dernier acquiert non seulement un morphotype plutôt uniforme à partir des années 1950, mais ce type de volatile, objet de consommation par excellence, est génétiquement et chimiquement distinct des poulets domestiques précédant, et la masse totale des individus surpasse celle de tous les autres oiseaux de la Terre combinés. Le signal qu'il offre pour les géologues est ainsi clair, global et synchrone. Et les auteurs de conclure qu'il s'agit bien d'un marqueur biostratigraphique pertinent pour l'Anthropocène¹²¹².

Si le contraste entre le sérieux de la stratigraphie et le prosaïque de la consommation industrielle, et en apparence insignifiant, se prête à l'humour et à la dérision, le cas

¹²⁰⁸ C. W. WATERS et J. ZALASIEWICZ, « Concrete: The Most Abundant Novel Rock Type of the Anthropocene », dans D. A. DellaSala et M. I. Goldstein (éd.), *The Encyclopedia of the Anthropocene: Vol. 1*, Oxford, Elsevier, 2018, p. 75-85

¹²⁰⁹ C. N. WATERS *et al.*, « The Anthropocene is Functionally and Stratigraphically Distinct from the Holocene », *Science*, vol. 351, n° 6269, 8 janvier 2016, p. 140

¹²¹⁰ Dont on trouve signature globale, durant le XXe, bien après la signature des forges romaines.

¹²¹¹ C. N. WATERS *et al.*, « The Anthropocene is Functionally and Stratigraphically Distinct from the Holocene », *op. cit.*

¹²¹² C. E. BENNETT *et al.*, « The Broiler Chicken as a Signal of a Human Reconfigured Biosphere », *Royal Society Open Science*, vol. 5, n° 12, 12 décembre 2018, p. 180325

anthropocénique du poulet d'élevage illustre également l'abondance des archives possibles par rapport aux autres unités chronostratigraphiques. Cela ne se comprend pas tant parce que nous vivons bien dans l'actuel et que de ce fait tout ce qui nous serait contemporain pourrait de ce seul fait valoir en droit comme marqueur. Bien plutôt s'agit-il de remarquer que *même ce qui nous apparaît comme prosaïque, ordinaire ou insignifiant peut en réalité être interprété comme participant d'un événement géo-historique* dans une situation où le niveau instrumental et épistémique permettant une telle connaissance répond à un très profond degré d'intervention humaine sur les êtres et les choses, impliquant des événements dont la portée échappe de loin à leurs initiateurs.

Zalasiewicz <i>et al.</i> 2008	CO ₂ (XIXe)	Isotopes du carbone	Isotopes radioactifs (1960s)	Calendrier grégorien (1800)	Aérosols (1815)
Zalasiewicz <i>et al.</i> 2011	CO ₂ (XIXe)	Isotopes du carbone	Isotopes radioactifs (1960s)	Calendrier grégorien (1800)	
Waters <i>et al.</i> 2014			Radioisotopes artificiels (1950s-1960s)		
Zalasiewicz <i>et al.</i> 2015			²³⁹Pu ; ¹⁴C; ¹³⁷Cs (11:29:21 07/16/1945 ; 1950; 1954)		
Waters <i>et al.</i> 2016			²³⁹Pu (1945, 1951, 1964)	Calendrier grégorien (mi-XXe)	
Waters <i>et al.</i> 2018			²³⁹Pu ; ¹⁴C; ¹³C (1952, 1954)		

Tableau 26 – Propositions de l'AWG pour un marqueur principal de l'Anthropocène entre 2008 et 2018. Celles qui ont la faveur des auteurs sont colorées en rouge. Il est important de souligner qu'il ne s'agit aucunement de propositions formelles, destinées donc à être derechef entérinées par la CIS, mais de propositions au sens de mise en débat d'énoncés.

Progressivement, l'AWG resserre les possibles marqueurs principaux et argumente en faveur des isotopes radioactifs liés aux explosions thermonucléaires atmosphériques entre les années 1950 et les années 1960 (Tableau 26). Parmi les nombreuses possibilités alternatives, ce choix est provisoirement retenu pour sa praticité : les particules radioactives ont été si bien dispersées autour du globe qu'elles offrent le signal le plus clair et le plus global à disposition. Mais l'AWG n'a pas encore statué sur le lieu concret, et donc le Point stratigraphique mondial.

Bassins anoxiques, plateaux calcaires, estuaires, deltas, lacs, tourbières, glaces, spéléothèmes, souches d'arbres, etc., sont autant de types d'enregistrements que l'on peut localiser dans sites géologiquement remarquables se trouvant dans une liste de lieux allant des Caraïbes à la Pologne, en passant par la Chine, les Etats-Unis, l'Ecosse, ou le Groenland. De nombreuses possibilités géographiques restent à ce jour ouvertes pour ficher le clou d'or¹²¹³.

Cependant, le travail de l'AWG a bien consisté à sémiotiser un événement dont ce groupe est contemporain, pour sa propre discipline. Le signe est ici composé du signifiant constitué par les marqueurs de l'Anthropocène et par le signifié, constitué par l'événement lui-même. Contrairement aux SST, ce sont les exigences de sa discipline, ou au moins la discipline portée par les acteurs aux projets épistémiques majoritaires, qui lui permettent de construire la longue série d'arguments, de contre-arguments, de faits, au bout de laquelle il devient possible d'énoncer *géologiquement* la réalité d'une époque inouïe.

21.4 Conclusion

Nous aurions pu nous arrêter sur une autre originalité disciplinaire de notion d'Anthropocène pour la stratigraphie. Comme l'explique le paléontologue Anthony Barnosky, les unités du temps géologique sont traditionnellement reconnues par l'analyse des roches et des différences que l'on peut y déceler grâce à leurs successions, en particulier à partir des fossiles. Ce n'est qu'à partir des unités stratigraphiques que les unités chronostratigraphiques¹²¹⁴ sont reconnues, et éventuellement réinterprétées et affinées avec de nouvelles techniques d'investigation. Or, le parcours de la notion d'Anthropocène est inverse : elle provient du milieu des SST par des acteurs spécialistes de l'atmosphère et à partir d'un ensemble de signaux déconnectés de l'enregistrement rocheux traditionnel. Ce n'est qu'en réponse à des acteurs extérieurs à leur discipline que les géologues ont entrepris de fournir un fondement stratigraphique¹²¹⁵.

Plus généralement, le problème qui se présente à l'AWG consiste non pas de reconstruire l'existence d'un événement à partir de la rareté des traces et des vestiges, mais de

¹²¹³ Voir à ce sujet le tableau synthétique de C. N. WATERS *et al.*, « Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) for the Anthropocene Series », *op. cit.*, p. 421.

¹²¹⁴ Ainsi que les unités géochronologiques, arbitraires, qui sont des unités fondées sur une datation d'abord conventionnelle et non pas un séquençement relatif des strates. Nous avons dans ce travail mis ce problème de côté, qui n'affecte pas à notre sens les questions traitées ici.

¹²¹⁵ A. D. BARNOSKY, « Palaeontological Evidence for Defining the Anthropocene », dans C. N. Waters, J. Zalasiewicz et M. Williams (éd.), *Stratigraphical Basis for the Anthropocene*, London, London Geological Society, coll. « Special Publications », 2014, p. 149-165

caractériser un événement existant à partir de la profusion de ce qu'il est en train de laisser comme traces et vestiges pour un futur inactuel¹²¹⁶. Ainsi, là où les acteurs des SST s'appuient sur un panorama environnemental global, en cherchant ainsi le portrait le plus compréhensif de l'état des choses, le travail de l'AWG consiste à ordonner et filtrer une abondance afin de conférer un sens géologique précis à l'Anthropocène. Derrière le style impassible des articles de l'AWG, en quête des marqueurs principaux et secondaires, on peut toutefois deviner l'exigence d'une forme de politique qui n'est pas celle qu'on attend. En effet, les accusations de vouloir faire de la politique avec de la géologie manquent leurs cibles : les géologues de l'AWG ne demandent qu'à faire de la géologie. Ce qu'il faut interroger, c'est plutôt pourquoi faire de la stratigraphie de notre actualité, et souhaiter n'être jugé dans sa pratique qu'à l'aune de cela, est devenu politique.

¹²¹⁶ Dans une publication collective récente, le nouveau président de l'AWG réaffirme bien qu'il y a « un large ensemble de signaux proxy stratigraphiques présent dans les strates récentes qui reflètent les influences majeures de l'humanité sur le Système Terre et qui ont le potentiel pour être utilisé à la fois pour définir une unité chronostratigraphique et, si une telle unité était définie, de la corrélérer largement autour du globe dans la plupart des contextes environnementaux. » C. N. WATERS, « Potential GSSP/GSSA Levels », *op. cit.*, p. 282

La norme de la Terre et l’agir planétaire

*[...] aucune guérison n’est retour à l’innocence biologique. Guérir c’est se donner de nouvelles normes de vie, parfois supérieure aux anciennes*¹²¹⁷.

— Canguilhem, 1943

*Nommer Gaïa, c’est [...] aider [les scientifiques] à résister à une nouvelle menace qui, pour le coup, fabriquerait en effet la pire des confusions entre science et politique : que l’on demande aux scientifiques comment répondre, qu’on se fie à eux pour définir ce qu’il convient de faire*¹²¹⁸.

— Isabelle Stengers, 2013

Le dire géologique contemporain s’est historiquement instauré comme un discours diagnosticien, élaborant signaux, normes et symptômes d’un mal planétaire, appelant également à l’action curatrice¹²¹⁹. Le processus d’énonciation collective du concept d’Anthropocène s’inscrit dans ce dire géologique, comme un des processus d’actualisation de l’agencement sémiologique afférent au dispositif de géo-savoir. Loin d’être monolithique, composé de formules bien délimitées et stables, le processus collectif général ne cesse de retraduire ce qui

¹²¹⁷ G. CANGUILHEM, *Le Normal et le Pathologique*, op. cit., p. 155

¹²¹⁸ I. STENGERS, *Au temps des catastrophes : Résister à la barbarie qui vient*, Paris, La Découverte, 2013, p. 58

¹²¹⁹ Voir à ce sujet la partie précédente.

se dit dans le dispositif de géo-savoir, et participe ainsi à son auto-traduction permanente.

Dans ce chapitre, on examine un autre aspect de la forme diagnosticienne du discours anthropocénique en mettant au jour des éléments de ce que nous avons nommé dans la partie précédente un « pouvoir nosologique ». Il s'agit d'un pouvoir d'objectivation qui définit une norme de la Terre et ses maux et dont les éléments sont analysés ici à travers le concept de « limites planétaires ». Proposé initialement en 2009, ce dernier sert aujourd'hui, en Europe, d'outil conceptuel dans plusieurs politiques nationales et au niveau communautaire, dans les objectifs de développement durable des Nations Unies pour 2030 et dans les projets financés par le programme Future Earth, successeur de l'IGBP¹²²⁰. Quel objet est effectivement esquissé lorsque les tenants du concept d'Anthropocène définissent l'action légitime sur le globe ? Définissent-ils une santé du « système Terre » au sens où la santé se rapporte à une « norme dont la fonction et la valeur est d'être mise en rapport avec l'existence pour en susciter la modification »¹²²¹ ? Et en quoi cette modification peut-elle se rapporter à un pouvoir thérapeutique ? Pour répondre à ces questions nous allons nous placer du point de vue des acteurs susceptibles de promouvoir de telles propositions afin d'en analyser le contenu conceptuel et normatif.

22.1 Problématiser la situation géologique

Le concept d'Anthropocène est une manière de problématiser l'actualité comme un enjeu nosologique, et non pas simplement sous la forme de problèmes singuliers et ciblés. La problématisation renvoie à un double mouvement : d'une part rendre incertain un domaine de la réalité qui peut se rapporter à des actions, des comportements, des représentations, des corps, des espaces, etc. ; d'autre part élaborer les « conditions dans lesquelles des réponses possibles peuvent être données ». Comme le précise Foucault, cette « élaboration d'une donnée en question, cette transformation d'un ensemble d'embarras et de difficultés en problèmes auxquels les diverses solutions chercheront à apporter une réponse, c'est cela qui constitue le point de problématisation et le travail spécifique de la pensée¹²²². »

¹²²⁰ EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY et FEDERAL OFFICE FOR THE ENVIRONMENT, *Is Europe Living Within the Limits of Our Planet? An Assessment of Europe's Environmental Footprints in Relation to Planetary Boundaries*, Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2020

¹²²¹ G. CANGUILHEM, *Le Normal et le Pathologique*, op. cit., p. 41

¹²²² M. FOUCAULT, « Polémique, politique et problématisations », dans *Dits et écrits II (1976 - 1988)*, Paris, Gallimard, 2001, p. 1417. Ici, il faut entendre la « pensée » au sens où elle « n'invente pas des problèmes, mais elle les inscrit dans le domaine de la vérité : elle problématise en traduisant dans le champ discursif ce qui posait problème au niveau pratique. » F. TAYLAN, *Concepts et rationalités*, op. cit., p. 115.

Certes le concept d'Anthropocène est loin d'avoir constitué le seul moment de problématisation de la situation écologique mondiale, mais il suscite une problématisation spécifique. Un tel angle d'approche nous semble d'autant plus légitime que ses promoteurs principaux eux-mêmes l'ont ainsi envisagé. Pour s'en convaincre, on peut mobiliser un article exprimant une position commune entre différents acteurs promouvant la notion d'Anthropocène. Cet article fait suite à un colloque organisé en mai 2011 : le troisième *Nobel Laureate Symposium on Global Sustainability*, organisé notamment par l'Académie royale de Suède et par le Stockholm Resilience Centre, dirigé par Johan R ockstrom, personnage sur lequel nous reviendrons. Comme le laisse entendre le titre de l'événement, sont présents des lauréats des prix Nobel : Crutzen et Molina pour leurs travaux sur l'ozone, Elinor Ostrom pour ses travaux concernant les communs, Amartya Sen pour ses travaux en économie du développement, ou encore David Gross pour ses travaux sur la théorie des cordes. En décembre de la même année, la revue suédoise spécialisée des questions environnementales *Ambio*, publie trois articles issus de ce colloque. Parmi ces derniers, le texte qui nous intéresse est signé par Steffen, Richardson, Crutzen, Molina, Ramanathan et Schellnhuber, mais également par Rockström et les géologues Williams et Zalasiewicz. Il est ainsi le fruit d'un travail de validation et de justification collective.

L'article se propose de définir les contours d'une « intendance planétaire » (« *planetary stewardship* »). Ce terme est déjà utilisé dans les SST au début des années 2000¹²²³, notamment par Schellnhuber dans le cadre de la conférence d'Amsterdam en 2001 qui appelle les programmes de recherche à fonder « une intendance *déterministe* » (souligné par l'auteur)¹²²⁴. Le titre de l'article – « L'Anthropocène : du changement global à l'intendance planétaire » – indique déjà que l'enjeu est une problématisation au sens de Foucault. Il relie la mise en problème de l'actualité environnementale globale avec le cadre des réponses qu'il convient d'y apporter tout en soulignant le lien généalogique entre les catégories de changement global et d'Anthropoc ne¹²²⁵. Le texte articule à la fois la dimension symptomatique des articles sur l'Anthropocène des SST élaborés au fil des ans par Steffen, Crutzen et McNeill et d'autres questions plus proches des préoccupations qui sont celles du centre de recherche du Stockholm Resilience Centre dont l'objet explicite consiste à produire des publications dans les champs

¹²²³ Notamment en 2003 par Crutzen et Steffen dans P. CRUTZEN et W. STEFFEN, « How Long Have We Been in the Anthropocene Era? », *op. cit.*

¹²²⁴ H. J. SCHELLNHUBER, « Chapter 28: Coping with Earth System Complexity and Irregularity », dans W. Steffen *et al.* ( d.), *Challenges of a Changing Earth. Proceedings of the Global Change Open Science Conference, Amsterdam, The Netherlands, 10–13 July 2001*, Berlin, Springer, 2003, p. 156

¹²²⁵ W. STEFFEN *et al.*, « The Anthropocene: From Global Change to Planetary Stewardship », *AMBIO*, vol. 40, n  7, novembre 2011, p. 739-761

des SHS autant que des sciences environnementales, et d'articuler ses questions de recherche aux problématiques institutionnelles et politiques. Le concept d'Anthropocène est alors introduit avec un éclairage original. Celui-ci permettrait en effet de dépasser la problématique des contraintes de ressources et des conséquences environnementales vers des « questions plus fondamentales » :

Un des développements clés permettant de *passer de la définition des problèmes à la formulation des solutions est le concept d'Anthropocène* qui simplifie une complexité massive en plaçant l'évolution de l'entreprise humaine dans le contexte de la longue histoire de la Terre. Cette analyse affine la focale sur un but global et de long terme pour l'humanité : maintenir l'environnement de la Terre favorable au futur développement¹²²⁶. (Nous soulignons)

Tout se passe comme si faire advenir le concept d'Anthropocène consistait également à pacifier un champ de controverse en unifiant le divers des alertes environnementales afin d'appeler à un certain registre d'action, comme entravé par des débats incessants. C'est alors que s'impose l'idée d'intendance planétaire. L'événement Anthropocène inviterait alors à un nouveau registre de l'action collective, puisque « nous sommes la première génération disposant de la connaissance de l'influence de nos activités sur le Système Terre, et par conséquent la première génération avec le pouvoir et la responsabilité de changer notre relation à la planète¹²²⁷. »

Bien entendu, nous pourrions tout à fait remettre en question les fondements historiographiques, éthiques ou politiques d'une telle affirmation tout en soulignant les proximités avec le discours du management planétaire des années 1990. Mais comme nous allons le voir, ce qui est explicité dans les années 2010 par les tenants du concept d'Anthropocène diffère des appels à l'action destinés au monde politique écrits en conclusion des articles scientifiques. Il s'agit d'une autre manière de penser l'action, d'en expliciter à la fois les conditions de possibilité mais aussi et, peut-être surtout, de définir l'espace sur lequel celle-ci doit s'exercer.

22.2 Définir des limites planétaires

Comme nous l'avons déjà remarqué, la manière dont les acteurs se positionnent sur ce qu'il convient de faire pour résoudre le problème posé par l'Anthropocène est le lieu de tractations entre les principaux promoteurs du concept d'Anthropocène, notamment autour de

¹²²⁶ *Ibid.*, p. 741.

¹²²⁷ *Ibid.*, p. 749

l'opposition de Crutzen et de Steffen entre la possibilité d'une géo-ingénierie et celle d'une bonne gestion de la planète¹²²⁸. Si l'idée d'un agir sur le globe est bien plus ancienne et relève d'un rapport à la Terre réinventé durant la Guerre froide, Crutzen relance cette idée dès ses premiers articles proposant le concept d'Anthropocène, puis dans son article de 2006 portant sur la modification de l'albédo. La notoriété que le concept d'Anthropocène lui confère dans les débats sur les bouleversements écologiques mondiaux participe largement à la circulation et la discussion publique de cette idée. Ainsi Crutzen lie-t-il aussi la question de la géo-ingénierie à la manière dont se pose la question de l'agir pour les promoteurs de l'Anthropocène¹²²⁹. Rappelons que durant les années 2000, Steffen se montre réticent à cette idée mais ne propose pas clairement et de manière élaborée d'autres mesures. Or, l'intendance planétaire se pose ici comme véritable alternative à la géo-ingénierie. On doit ce truchement à sa collaboration avec Röckstrom et au Stockholm Resilience Centre qui aboutit à la définition du concept de « limites planétaires ».

Détenteur d'une thèse en écologie et spécialiste des systèmes hydriques et agricoles tropicaux, Röckstrom occupe depuis la seconde moitié des années 2000 des fonctions de conseil au monde politique et deviendra en 2018 directeur du Postdam Institute for Climate Research. Il coordonne une équipe qui fait paraître à la fin des années 2000 deux articles, l'un étant le résumé de l'autre, se proposant de définir les « limites planétaires » (*planetary boundaries*)¹²³⁰, modèle corrigé en 2015. Ce travail est co-signé par la plupart des acteurs que nous avons déjà croisés : Crutzen, Lambin, Schellnhuber, Lenton, Costanza, Hansen, mais aussi Steffen en second auteur. La proposition de « limites planétaires » est ainsi associée au style de recherche et d'objets des SST dans lequel s'inscrit l'énonciation du concept d'Anthropocène. Mieux, la position de Steffen à cet égard est centrale. Déjà, dans l'appel d'Amsterdam au début des années 2000, la notion d'intendance planétaire se présente comme une réponse aux enjeux des changements globaux, dans la continuité du management planétaire des années 1980 et

¹²²⁸ Voir à ce sujet le chapitre 19.

¹²²⁹ Il n'est pas certain toutefois que « son intervention brisa le tabou sur la géo-ingénierie », comme l'affirme Hamilton, voir C. HAMILTON, *Les apprentis sorciers du climat : raisons et déraisons de la géo-ingénierie*, C. Le Roy (trad.), Paris, Seuil, 2013, p. 28. On peut noter par ailleurs que Crutzen n'est pas le seul à relancer les débats sur la géoingénierie à cette époque. Ralph Cicerone, alors président de l'Académie des Sciences étatsunienne, écrit un article dans ce sens en 2006 R. J. CICERONE, « Geoengineering: Encouraging Research and Overseeing Implementation », *Climatic Change*, vol. 77, n° 3, 1^{er} août 2006, p. 221-226. Cité dans R. BRIDAY, « Qui alimente les études sur la géoingénierie ? Une perspective d'historien des sciences », *Natures Sciences Sociétés*, Vol. 22, n° 2, 9 septembre 2014, p. 201

¹²³⁰ Nous traduisons *boundaries* par « limites » et non par « seuils ». Ce choix se conforme à l'usage courant en français, et permet de traduire par la suite *threshold* par seuil, terme qui nous semble tout à fait adéquat. Par ailleurs, on lira dans ce chapitre en quoi ces limites sont bien conçues comme telles. L'article de *Nature* étant un résumé de *Ecology & Society*.

1990¹²³¹. En outre, Steffen thématise dès la fin des années 2000, et dans un autre contexte, l'idée d'une intendance du « système Terre » : « nous avons besoin de développer une capacité à gérer les composantes majeures du système Terre de manière à rester au plus près de la variabilité naturelle. Cela représente un défi sans précédent à l'humanité afin de conceptualiser la Terre comme un système socio-écologique et de passer du statut d'exploitants maladroits à celui de sensibles intendants de notre propre système de support de vie¹²³². »

L'article collectif de 2011 sur les limites planétaires mobilise le concept d'Anthropocène, et le panorama du bouleversement environnemental global qui lui est propre, et propose de définir un « espace d'opérationnalité de sûreté pour l'humanité » (*a safe operating space for humanity*) en identifiant neuf processus auxquels il serait possible d'associer un indicateur quantitatif et un seuil à ne pas dépasser dans le but d'assurer la pérennité des conditions de vie sur Terre¹²³³. Plus encore, l'examen du concept de « limite planétaire » fait apparaître un lien généalogique évident. Les limites sont explicitement positionnées avec l'époque dans laquelle nous serions entrés : elles « ne devraient pas être transgressées si nous souhaitons éviter un changement environnemental inacceptable », terme ici défini « en relation aux risques auxquels l'humanité fait face dans la transition [...] de l'Holocène à l'Anthropocène¹²³⁴. »

Le concept de limite planétaire est construit en relation à celui de « seuil » (*threshold*). En effet, notent les auteurs, « bien des sous-systèmes de la Terre réagissent d'une façon non-linéaire, souvent abrupte, et sont particulièrement sensibles lorsque certaines variables-clés approchent du niveau de seuil. Si ces seuils sont dépassés, alors d'important sous-systèmes [...] pourrait changer d'état, avec souvent des conséquences délétères voire désastreuses pour les humains¹²³⁵. » Les seuils sont « des transitions non-linéaires dans le fonctionnement du système couplé humain-environnement » au niveau global alors que les limites sont des « valeurs déterminées par les humains de variables de contrôles situées à une distance « sûre » du niveau dangereux [...] ou de son seuil global »¹²³⁶. Il n'y a pas nécessairement de seuil pour toute « limite planétaire » ; en effet, une limite peut être choisie sans pour autant se rapporter à la

¹²³¹ Voir le chapitre 14. La notion n'est pas pour autant définie pour elle-même, mais renvoie plutôt à ce moment à un principe général.

¹²³² O. R. YOUNG et W. STEFFEN, « The Earth System: Sustaining Planetary Life-Support Systems », dans F. S. Chapin, G. P. Kofinas et C. Folke (éd.), *Principles of Ecosystem Stewardship: Resilience-Based Natural Resource Management in a Changing World*, 1st ed, New York, Springer, 2009, p. 313

¹²³³ J. ROCKSTRÖM *et al.*, « A Safe Operating Space for Humanity », *Nature*, vol. 461, n° 7263, 24 septembre 2009, p. 472-475

¹²³⁴ J. ROCKSTRÖM *et al.*, « Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity », *Ecology and Society*, vol. 14, n° 2, 18 novembre 2009

¹²³⁵ J. ROCKSTRÖM *et al.*, « A Safe Operating Space for Humanity », *op. cit.*, p. 472

¹²³⁶ J. ROCKSTRÖM *et al.*, « Planetary Boundaries », *op. cit.*

possibilité d'un changement abrupt d'une composante écologique, climatique ou biogéochimique à l'échelle de la Terre.

La limite renvoie à la borne définie quantitativement à partir de laquelle apparaît l'incertitude quant aux conséquences d'une modification environnementale, incertitude qui se réduit à mesure qu'une telle modification s'effectue (Figure 46) ; le seuil doit en principe correspondre à des phénomènes objectifs, donnés dans la nature même des processus complexes sur Terre. Par exemple, le changement climatique est un phénomène pour lequel les auteurs estiment qu'il existe un comportement non linéaire, ce qui suppose un seuil, contrairement au phénomène d'anthropisation des sols. Néanmoins, une limite est définissable dans les deux situations.

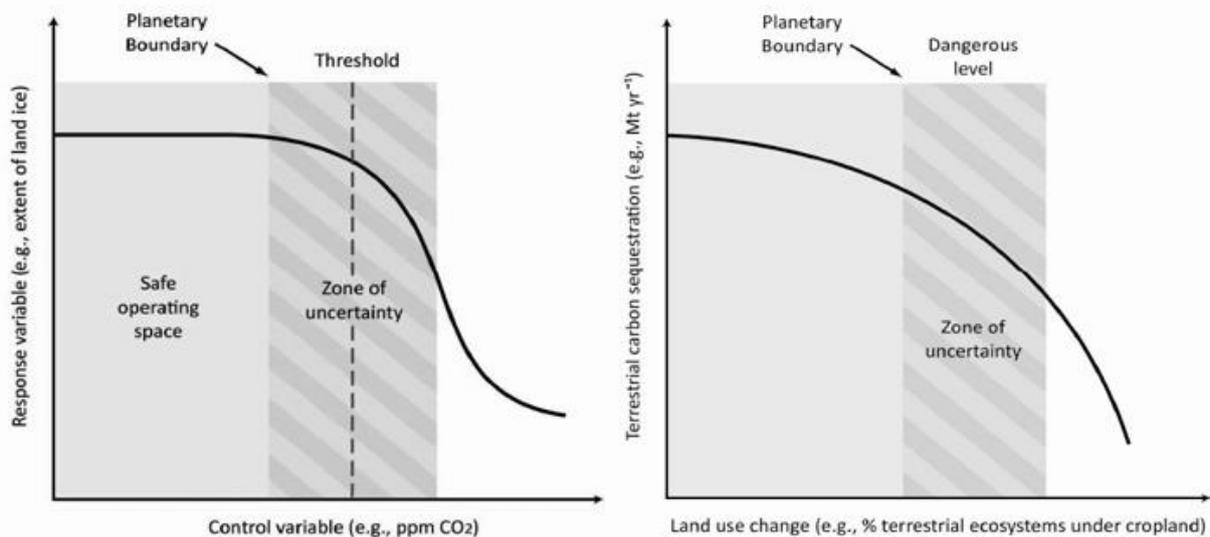


Figure 46 – Illustration par les auteurs de deux situations de changement avec (à gauche) et sans (à droite) seuil. Dans les deux cas, on peut fixer une limite, ici placée avant la zone d'incertitude. Le « seuil » ne correspond pas à la possibilité d'un effondrement mais à son caractère abrupt, dépendant de variations minimes¹²³⁷.

En 2009, à chacune des neuf limites sont reliées une ou plusieurs « variables de contrôle » ou « paramètres »¹²³⁸. Au changement climatique est par exemple attribué le paramètre de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère et la variation de forçage radiatif. C'est précisément sur ces paramètres que l'action peut s'exercer dans la mesure où les valeurs choisies de ces paramètres définissent la limite. S'agissant du changement climatique, la limite n'est pas le seuil à partir duquel il pourrait basculer dans un autre état distinct, mais les valeurs

¹²³⁷ *Id.*

¹²³⁸ Le vocabulaire dépend de la source consultée, comparer : J. ROCKSTRÖM *et al.*, « A Safe Operating Space for Humanity », *op. cit.* ; J. ROCKSTRÖM *et al.*, « Planetary Boundaries », *op. cit.*

de la concentration atmosphérique de CO₂ et de variation du forçage radiatif qui élèveraient dangereusement le risque d’atteindre ce fameux seuil. Comme on peut le constater à la lecture du Tableau 27, les valeurs des paramètres définissant les limites ne correspondent pas à leur valeur pré-industrielle ; il existe un écart qui s’explique par la tolérance liée à ce qui est parfois nommé la « variabilité naturelle », étant entendu, ou implicite, que la « nature » se rapporte en réalité à une période précise de l’histoire de la Terre.

PLANETARY BOUNDARIES				
Earth-system process	Parameters	Proposed boundary	Current status	Pre-industrial value
Climate change	(i) Atmospheric carbon dioxide concentration (parts per million by volume)	350	387	280
	(ii) Change in radiative forcing (watts per metre squared)	1	1.5	0
Rate of biodiversity loss	Extinction rate (number of species per million species per year)	10	>100	0.1-1
Nitrogen cycle (part of a boundary with the phosphorus cycle)	Amount of N ₂ removed from the atmosphere for human use (millions of tonnes per year)	35	121	0
Phosphorus cycle (part of a boundary with the nitrogen cycle)	Quantity of P flowing into the oceans (millions of tonnes per year)	11	8.5-9.5	-1
Stratospheric ozone depletion	Concentration of ozone (Dobson unit)	276	283	290
Ocean acidification	Global mean saturation state of aragonite in surface sea water	2.75	2.90	3.44
Global freshwater use	Consumption of freshwater by humans (km ³ per year)	4,000	2,600	415
Change in land use	Percentage of global land cover converted to cropland	15	11.7	Low
Atmospheric aerosol loading	Overall particulate concentration in the atmosphere, on a regional basis	To be determined		
Chemical pollution	For example, amount emitted to, or concentration of persistent organic pollutants, plastics, endocrine disrupters, heavy metals and nuclear waste in, the global environment, or the effects on ecosystem and functioning of Earth system thereof	To be determined		

Tableau 27 – Tableau paramétrique de l’espace de sûreté selon Rockström et ses collègues Les lignes en rouge correspondent à un état critique du domaine

*considéré, en rouge sont représentées les limites dépassées*¹²³⁹.

Dans la temporalité propre à la formation des savoirs, le processus d'objectivation de la Terre sous la forme du « système Terre » depuis les années 1980 possède une dimension géopolitique en tant qu'il explicite pour la politique les objets et les problèmes relatifs à la Terre¹²⁴⁰. Les concepts tels que le changement global, l'Anthropocène ou le management planétaire s'inscrivent dans ce processus de mise en problème de notre actualité. De même en est-il pour les « limites planétaires » comme les auteurs en témoignent. En effet, elles sont fondées sur l'évaluation de « l'échelle de l'action humaine », sur la compréhension des « processus du système Terre [...] rassemblés au cours de l'évolution de la recherche sur le changement global [*global change*] » et enfin sur le cadre théorique de la « résilience » et de l'autorégulation des « systèmes vivants »¹²⁴¹. Etant ainsi revendiquées comme un des fruits éminents des SST, les « limites planétaires » constituent également un modèle de l'agir sur la Terre et, contrairement au concept d'Anthropocène, elles sont conçues directement comme un *instrument* pour l'action politique.

22.3 La norme de la Terre

Quel est l'objet dessiné par les limites planétaires ? Elles ne visent pas le « système Terre » lui-même ; celui-ci n'est qu'un objet servant d'appui pour définir l'objet de l'action politique. Celle-ci s'adresse bien plutôt aux conditions d'habitabilité planétaire, qui constitueraient le « terrain de jeu planétaire » de l'humanité et qui sont délimitées par les « règles du jeu » du « système Terre ». Ces règles sont en revanche implicites, et il revient alors aux sciences d'objet « système Terre » de les expliciter précisément sous la forme des limites planétaires. En effet, tant que ces dernières « ne sont pas transgressées pour trop longtemps, l'humanité semble avoir la liberté d'agir en vue de la recherche de son développement social et économique »¹²⁴². Par conséquent, si nous voulons découvrir l'objet de la politique planétaire de l'Anthropocène, il nous échoit de préciser à quoi exactement se réfèrent les règles du jeu de nos existences collectives.

Ces règles ne relèvent pas simplement du seul fonctionnement « système Terre » dans

¹²³⁹ J. ROCKSTRÖM *et al.*, « A Safe Operating Space for Humanity », *op. cit.*

¹²⁴⁰ Voir la section « Le diagnostic comme forme du géo-savoir », dans l'introduction de la deuxième partie.

¹²⁴¹ J. ROCKSTRÖM *et al.*, « A Safe Operating Space for Humanity », *op. cit.*, p. 475

¹²⁴² J. ROCKSTRÖM *et al.*, « Planetary Boundaries », *op. cit.*

la mesure où, par définition, le concept d’habitabilité planétaire ne peut se comprendre sans le relier aux êtres pour lesquels une telle habitabilité est définie ; il n’y a pas d’habitabilité sans une certaine norme de ce que requiert l’habiter. Au premier abord, cette norme semble être celle de l’Holocène. Dès l’article de *Nature* de 2009 sur les limites planétaires les auteurs assurent que « pour la première fois, nous sommes en train de quantifier les limites sûres en dehors desquelles le système Terre ne peut continuer à fonctionner dans un état stable similaire à celui de l’Holocène »¹²⁴³ et le réaffirment dans leur mise à jour de 2015 : « Notre approche préventive est fondée sur le maintien d’un état du système Terre similaire à celui de l’Holocène et sur l’évaluation du niveau de changement d’origine humaine qui risquerait de déstabiliser cet état¹²⁴⁴. »

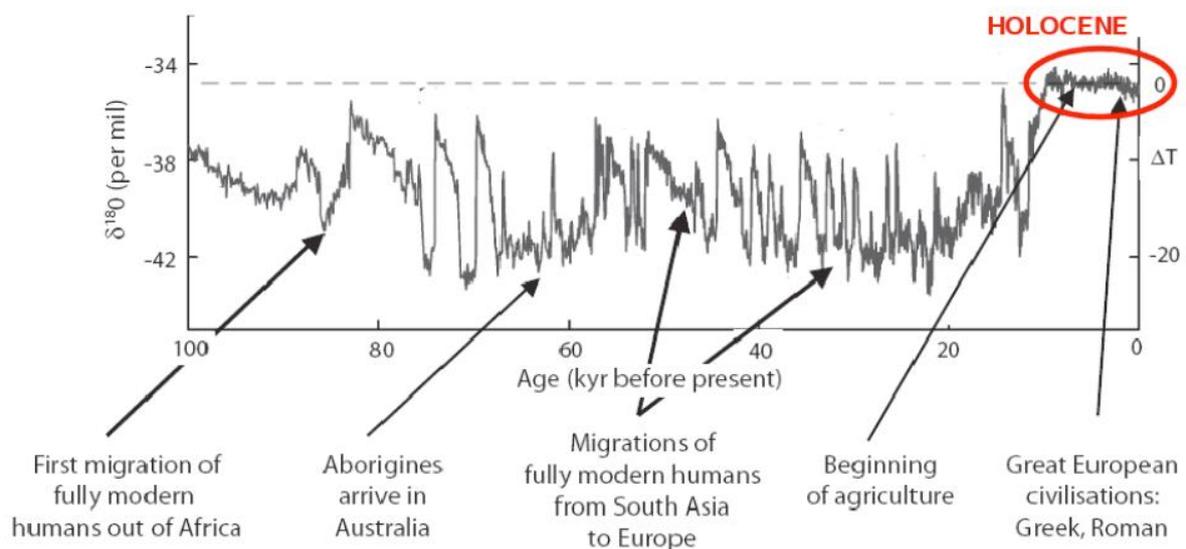


Figure 47 – Représentation de la concentration de 18O, indicateur de la température atmosphérique au cours des 100 000 dernières années, d’après Rockström et ses collègues¹²⁴⁵. Des événements préhistoriques et historiques sont fournis et aident à la représentation de la stabilité climatique que représente l’Holocène par rapport au reste de l’histoire humaine.

L’Holocène est bien connue pour sa relative stabilité climatique. Par contraste, *homo sapiens* a traversé des variations de température globale bien plus importantes, et plus largement des changements de condition d’habitabilité dont il est parfois difficile à prendre la mesure (Figure 47). Par conséquent, la norme de l’Holocène n’est pas exactement celle de l’habitabilité

¹²⁴³ J. ROCKSTRÖM *et al.*, « A Safe Operating Space for Humanity », *op. cit.*, p. 474

¹²⁴⁴ W. STEFFEN *et al.*, « Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet », *op. cit.*, p. 9. La mise à jour de 2015 par le groupe des « limites planétaires » laisse intacte la proposition conceptuelle, mais approfondit l’articulation entre les échelles globales et régionales, redéfinit certaines limites, en regroupe ou en introduit d’autres.

¹²⁴⁵ J. ROCKSTRÖM *et al.*, « Planetary Boundaries », *op. cit.*

pour l'espèce humaine, mais pour un *mode d'existence plus restreint* qui peut être menacé par la sortie de cette norme. Dans ce dernier, nous pouvons inclure les formes de vie collective qui sont apparues dans cette enveloppe climatique récente et qui sont réputées en dépendre : la sédentarité, la domestication des plantes et des animaux, l'agriculture et l'élevage¹²⁴⁶. Mais cela ne suffit pas encore à préciser les raisons pour lesquelles l'Holocène tient un rôle central. En effet, ce qu'il s'agit de préserver est tour à tour nommé le « développement des sociétés humaines », le « progrès réalisé par l'industrialisation », ou encore l'« entreprise humaine ». Ainsi, s'il n'y a pas de qualification précise de ce que recouvrent exactement ces notions en termes de réquisits écologiques et géologiques, nous pouvons au moins nous assurer que la norme planétaire visée doit garantir la bonne tenue de ce que l'on pourrait nommer le *progrès holocénique* ou encore *les conditions de possibilité de la poursuite de l'histoire connue et narrée comme possibilité de progrès*. Le problème étant que ce qu'il y a exactement à sauvegarder ne trouve positivement jamais clairement de définition : s'agit-il de régimes politiques précis, de biens de subsistance, d'habitats, de paysages, de répartition géographique, d'un ordre international fondé sur l'idée d'Etat-nation et régit dans le cadre de traités internationaux ?

Durant les années 2010, un trouble se fait sentir sur l'écart à la norme de l'Anthropocène. En 2011, Steffen et ses collègues affirmaient que l'Anthropocène est un processus « caractérisé par des changements [...] significatifs pour la distinguer de l'Holocène, mais avec une inertie qui continue de l'en éloigner à une vitesse géologiquement rapide » tout en ajoutant que « l'Anthropocène pourrait devenir un état alternatif, plus ou moins stable, du système Terre »¹²⁴⁷. D'où la question redoutable, qui met en doute la possibilité même d'une intendance fondée sur les limites planétaires telles que définies jusqu'ici :

Nos tentatives pour instaurer une intendance planétaire efficace vont-elles ralentir puis stopper la trajectoire contemporaine d'avancer encore dans l'Anthropocène, pour ramener enfin le système Terre vers des conditions similaires à celles de l'Holocène, et, ce faisant, faire évoluer la civilisation contemporaine vers un nouvel état de durabilité ? Ou bien est-il déjà trop tard pour revenir au monde de l'Holocène qui pourrait alors être déjà perdu ? L'Anthropocène est-il un voyage sans retour vers un futur incertain dans un état stable du système Terre beaucoup plus chaud – et très différent¹²⁴⁸ ?

Depuis, un certain nombre d'articles des acteurs des SST adoptent des formulations

¹²⁴⁶ J.-P. DEMOULE, *Les dix millénaires oubliés qui ont fait l'Histoire: Quand on inventa l'agriculture, la guerre et les chefs*, Paris, Fayard/Pluriel, 2019 ; S. L. LEWIS et M. A. MASLIN, *The human planet*, *op. cit.*

¹²⁴⁷ W. STEFFEN *et al.*, « The Anthropocene », novembre 2011, *op. cit.*, p. 755

¹²⁴⁸ *Ibid.*, p. 761

plus fermes quant à cette éventualité menaçante. En effet, il apparaît de plus en plus clairement qu'« il existe une quantité écrasante de preuves démontrant que le système Terre est désormais structurellement et fonctionnellement en dehors de la norme de l'Holocène »¹²⁴⁹, voire de celle du Quaternaire¹²⁵⁰. L'Anthropocène représente la sortie du bassin d'attraction de l'Holocène mais cette sortie se redouble d'un risque de dépasser certains points de bascule, ou « seuils », à partir desquels que la terre se transforme brutalement en une infernale « serre » (*hothouse*)¹²⁵¹.

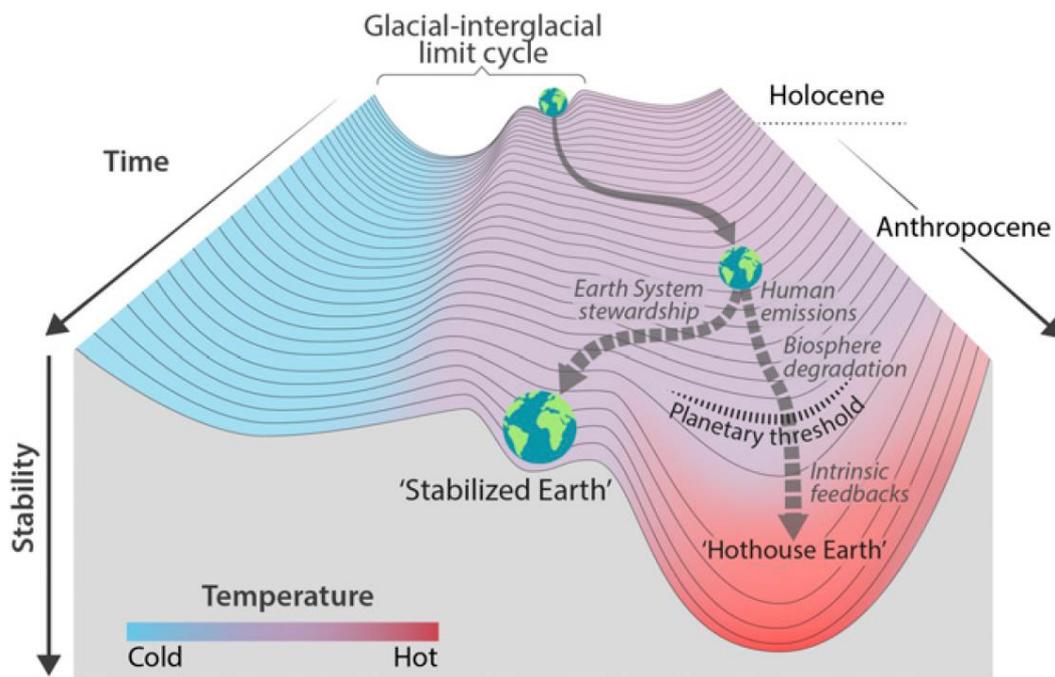


Figure 48 – Trajectoires possibles du « système Terre ». Les effets d'accélération sont rendus par des lignes topographiques d'après Steffen et ses collègues¹²⁵².

Ainsi, l'exigence d'action qui s'esquisse ici inclut une composante temporelle dans la mesure où elle prend en charge l'irréversibilité de certains bouleversements mais aussi l'inertie des processus déjà engagés. En effet, la sûreté de « l'espace d'opérationnalité » est caractérisée non pas à partir du point correspondant à un seuil mais « en amont » (*upstream*) de celui-ci, laissant ainsi un « tampon » entre la limite et le seuil. Ce tampon prend en compte deux choses :

¹²⁴⁹ W. STEFFEN *et al.*, « Stratigraphic and Earth System Approaches to Defining the Anthropocene », *op. cit.*, p. 12

¹²⁵⁰ J. ZALASIEWICZ *et al.*, « Petrifying Earth Process », *op. cit.*, p. 6 ; W. STEFFEN *et al.*, « Trajectories of the Earth System in the Anthropocene », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, n° 33, 14 août 2018, p. 8252-8259

¹²⁵¹ W. STEFFEN *et al.*, « Trajectories of the Earth System in the Anthropocene », *op. cit.* ; T. M. LENTON *et al.*, « Climate Tipping Points — Too Risky to Bet Against », *Nature*, vol. 575, n° 7784, novembre 2019, p. 592-595

¹²⁵² W. STEFFEN *et al.*, « Trajectories of the Earth System in the Anthropocene », *op. cit.*, p. 8254

l'incertitude liée au possible manque de connaissance du seuil, ainsi que le temps nécessaire à la « société » pour « réagir aux signaux avant-coureurs l'informant qu'elle pourrait approcher d'un seuil, et conséquemment d'un changement abrupt ou risqué »¹²⁵³. Par conséquent, la règle implicite invite à l'action non seulement sur la base de notre connaissance d'effets délétères, mais aussi d'après les connaissances disponibles sur les marges d'incertitude. De ce fait, non seulement la limite se présente comme l'objectivation d'une norme portant sur des conditions de vie, mais aussi sur le temps de l'action politique.

22.4 Le dilemme de l'intendant

Si le pouvoir nosologique se rapporte à un pouvoir d'objectivation des maux et de légitimation de la nécessité de s'en inquiéter, il existe aussi un « pouvoir thérapeutique » capable de définir les outils adéquats par lesquels traiter ces maux, de même que les subjectivités compétentes pour les établir, les fixer, les véhiculer ou les manier. L'examen des limites planétaire fait apparaître le point d'articulation du pouvoir nosologique au pouvoir thérapeutique dans la mesure où les limites planétaires sont précisément des outils-signaux, prescrivant l'objet d'une géo-thérapeutique et ce par quoi elle a prise sur son objet, tout en définissant le partage entre un bon et un mauvais état du « système Terre ». Pour ce pouvoir thérapeutique il existe bien une santé du « système Terre » dans la mesure où la santé se rapporte à une « norme dont la fonction et la valeur est d'être mise en rapport avec l'existence pour en susciter la modification¹²⁵⁴. » D'après les éléments que nous avons examinés, cette norme est celle des conditions du progrès holocénique et « l'existence » se rapporte à la situation nommée par le concept d'Anthropocène. Mais, avec Canguilhem, il est possible de prolonger cette analyse dans la mesure où la santé peut être appréhendée selon deux niveaux.

D'abord la santé suppose de disposer d'une norme fonctionnelle dans un contexte donné, mais aussi d'être « normatif dans cette situation et dans d'autres situations éventuelles. » Cela implique la capacité à « tolérer des infractions à la norme habituelle et d'instituer des normes nouvelles dans des situations nouvelles », par exemple la perte d'un rein n'empêche guère de rester normal dans des circonstances précises, mais ces dernières sont beaucoup plus restreintes, notamment parce qu'il est impossible d'en perdre un second sans perdre la vie¹²⁵⁵. Ainsi, l'on pourrait dire que Gaïa est en bonne santé puisqu'elle est normative : l'Anthropocène

¹²⁵³ W. STEFFEN *et al.*, « Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet », *op. cit.*, p. 1-2

¹²⁵⁴ G. CANGUILHEM, *Le Normal et le Pathologique*, *op. cit.*, p. 41

¹²⁵⁵ *Ibid.*, p. 130

est le passage d'un « état » du « système Terre » à un autre, chacun de ces états possédant sa propre norme. Ce passage renvoie à la capacité du système à réinstaurer une nouvelle norme sans être pour autant détruit en tant qu'unité fonctionnelle. Mais, à un autre niveau, l'habitabilité planétaire suppose une définition de la santé beaucoup plus contraignante. En effet, comme nous l'avons vu, ce qu'elle met en rapport avec l'actualité pathologique de l'Anthropocène est non pas la norme du « système Terre », qui garantirait son fonctionnement en tant que système, mais la norme de l'Holocène rendant possible une certaine conception du progrès¹²⁵⁶. Ce qui ne manque pas d'interroger la notion même de santé car l'action politique qui est requise consiste précisément à prévenir l'instauration de nouvelles normes du « système Terre », non pas parce qu'elles seraient mauvaises en soi, mais parce qu'elles se traduiraient par une atteinte à un certain type d'existence qu'il s'agit de conserver¹²⁵⁷.

C'est pourquoi il nous faut encore préciser à partir de quoi la géo-thérapeutique définit une santé. L'Anthropocène est considéré du point de vue des SST comme une augmentation de l'instabilité du « système Terre », causée par la *stabilité de la trajectoire du rapport écologique des sociétés industrielles avec la Terre au cours de la seconde moitié du XXe siècle*, autrement nommée « Grande Accélération ». La politique de l'intendant planétaire équipé conceptuellement des limites planétaires consiste alors à stabiliser le « système Terre » au prix d'un changement d'état de ce qui constitue un autre système complexe, à savoir précisément les sociétés industrielles – plus souvent référées à « l'humanité ».

Ainsi, dans la philosophie des « limites planétaires », il s'agit d'un échange du couple stable-instable entre les termes de la Terre et des sociétés humaines. A ce titre, on peut mentionner deux passages particulièrement éclairants :

Le degré de stabilisation du changement biosphérique équivalent à ce qui est requis en vue de stabiliser le système climatique nécessiterait de la restauration écosystémique et une intendance scrupuleuse, une réduction rapide du taux d'extinction [des espèces], des approches innovantes de production agricole, du recyclage intégral de nutriments comme l'azote ou le phosphore [...], la généralisation d'« infrastructures vertes et vivantes » dans les zones urbaines, etc. Ce scénario requiert un changement fondamental dans la nature de l'anthroposphère [ou sphère des activités humaines], de sorte que son évolution devienne plus synergique avec celles de la biosphère¹²⁵⁸.

¹²⁵⁶ En plus du fait que ce progrès, à savoir l'histoire des activités humaines sur Terre, a peut-être participé à la constitution de cette norme comme le soutient l'hypothèse de Ruddiman. W. F. RUDDIMAN, « Geographic Evidence of the Early Anthropogenic Hypothesis », *Anthropocene*, vol. 20, Supplement C, 1^{er} décembre 2017, p. 4-14

¹²⁵⁷ Existence dont la définition demeure vague, comme nous l'avons vu.

¹²⁵⁸ W. STEFFEN *et al.*, « Stratigraphic and Earth System Approaches to Defining the Anthropocene », *op. cit.*, p. 16

Nous suggérons qu'une transformation en profondeur s'appuyant sur une réorientation fondamentale des valeurs, de l'équité, du comportement, des institutions, des économies et des technologies humaines est requise. Même dans ce cas de figure, le chemin vers une Terre stabilisée impliquera des changements considérables à la structure et au fonctionnement du système Terre, présupposant qu'une priorité bien plus élevée soit conférée aux stratégies de construction de la résilience que dans les processus de prise de décision actuels¹²⁵⁹.

En conséquence, pour la géo-thérapeutique, la santé et la pathologie prennent leur sens non pas immédiatement à partir du « système Terre », mais dans son application au système formé par la dyade « humanité-Terre ». Si l'instabilité se poursuit sur le pôle du « système Terre », il ne serait plus possible de garantir l'unité fonctionnelle de la conception de la société héritant de l'histoire à la fois naturelle et humaine de l'Holocène. Inversement, la stabilité du pôle « système Terre » ne peut être gagnée qu'au prix de l'instauration d'une nouvelle norme de cette société, et non pas un *retour* à l'ancienne norme, puisqu'elle est précisément ce qui se trouve à l'origine de la pathologie présente. La société de la « Grande Accélération » doit ainsi passer l'épreuve d'une instabilité afin de rendre stable l'autre pôle de la dyade dont elle dépend. En revanche, une telle inversion est toutefois un *processus transitoire*, visant à terme à stabiliser les deux pôles¹²⁶⁰.

Cependant, telle n'est pas la seule manière d'envisager une intendance, et les porteurs du concept de « limites planétaires » en ont conscience. En effet, de manière assez troublante, l'article de 2011 admet que l'« intendance planétaire » peut comporter une la possibilité de la géo-ingénierie¹²⁶¹. La géo-ingénierie comporte des enjeux géopolitiques, techniques et éthiques importants, déjà thématiques bien avant les controverses contemporaines¹²⁶². Le terme de géo-ingénierie renvoie traditionnellement à la manipulation délibérée du bilan radiatif du climat global. On divise classiquement la géo-ingénierie en deux grandes catégories : soit la manipulation de la quantité d'énergie entrant dans l'atmosphère (ce qui se nomme dans le vocable convenu *solar removal management* (SRM)) ; soit la manipulation de ce qui affecte la capacité de l'atmosphère à retenir la chaleur, à savoir, le plus couramment, le dioxyde de

¹²⁵⁹ W. STEFFEN *et al.*, « Trajectories of the Earth System in the Anthropocene », *op. cit.*, p. 8258

¹²⁶⁰ L'idée de distinguer deux pôles de stabilité/instabilité au niveau conceptuel nous vient d'un échange avec Aurélien Gabriel Cohen, qui réalise une enquête bien plus détaillée qu'ici sur un tout autre sujet, à savoir les rapports entre philosophie du vivant et idéologie économique au XXe siècle dans un travail de doctorat. Voir la thèse aujourd'hui en cours A. G. COHEN, *Vivre avec le vivant : vers une éthique de la cohabitation*, These en préparation, Paris, Muséum national d'histoire naturelle, s. d.

¹²⁶¹ W. STEFFEN *et al.*, « The Anthropocene », novembre 2011, *op. cit.*, p. 752

¹²⁶² T. L. ANDERSON *et al.*, « Climate Forcing by Aerosols—a Hazy Picture », *Science*, vol. 300, n° 5622, 16 mai 2003, p. 1103-1104 ; D. BODANSKY, « May we engineer the climate? », *Climatic Change*, vol. 33, n° 3, 1^{er} juillet 1996, p. 309-321 ; D. JAMIESON, « Ethics and Intentional Climate Change », *op. cit.*, p. 199

carbone atmosphérique¹²⁶³.

Par exemple, la proposition de Crutzen appartient à la première catégorie, alors que la séquestration de CO₂ dans le sol appartient à la seconde. On peut trouver aujourd'hui de très nombreuses propositions théoriques ou pratiques correspondant à ces deux types de projets, qu'ils soient simplement écrits sur papiers, ou lancés et soutenus par des milliardaires tels que Bill Gates ou Richard Branson, des organisations aussi installées que la Banque mondiale ou la RAND corporation, ou encore des multinationales aux intérêts bien compris telles que Shell ou Exxon¹²⁶⁴. A partir des années 2010, les institutions scientifiques commencent à prendre au sérieux le sujet. En 2009 et 2011, la Royal Society publie deux rapports importants et très remarqués faisant le bilan sur les techniques disponibles et leurs enjeux politiques. Ils sont prudents mais encouragent les recherches dans ce domaine¹²⁶⁵. En 2011, dans le cadre des activités du GIEC est organisé un atelier sur la géo-ingénierie qui aboutit à un rapport¹²⁶⁶. Les conclusions de ce dernier sont partiellement reprises dans le cinquième rapport du troisième groupe du GIEC sur les mesures d'atténuation, qui prend au sérieux les projets d'ingénierie climatique, mais de façon réservée¹²⁶⁷.

Quelle différence recouvre le dilemme de l'intendant entre la géo-ingénierie et une politique des limites planétaires ? Commençons par remarquer que le terme de « géo-ingénierie » reste équivoque car sa restriction à l'action climatique n'est en rien nécessaire. Tout d'abord, il peut y avoir une intervention technique sur un « géo » qui ne soit pas climatique : le « géo » peut en principe avoir trait à tout processus à l'échelle globale, ou toute interaction entre ces processus. Ensuite, ce qui est visé par la géo-ingénierie relève moins de ces processus eux-mêmes, que de la norme des conditions biophysiques permettant l'existence humaine sur Terre, ou l'une de ses interprétations culturellement et socialement centrées. Pour cette raison, la discrimination des techniques de géo-ingénierie par leur échelle n'est guère pertinente¹²⁶⁸. Ensuite, un tel critère pourrait porter sur le niveau de risque lié aux dommages

¹²⁶³ N. E. VAUGHAN et T. M. LENTON, « A Review of Climate Geoengineering Proposals », *Climatic Change*, vol. 109, n° 3, 1^{er} décembre 2011, p. 745-790

¹²⁶⁴ Voir l'enquête détaillée d'Hamilton C. HAMILTON, *Les apprentis sorciers du climat*, *op. cit.*

¹²⁶⁵ J. SHEPHERD, *Geoengineering the Climate: Science, Governance and Uncertainty*, London, The Royal Society, 2009 ; THE ROYAL SOCIETY, *Solar Radiation Management: The Governance of Research*, London, 2011

¹²⁶⁶ O. EDENHOFER *et al.*, *IPCC Expert Meeting on Geoengineering: Lima, Peru, 20-22 June 2011*, Lima, Peru, IPCC, coll. « Meeting Report », 2012, cité dans R. BRIDAY, « Qui alimente les études sur la géoingénierie ? », *op. cit.*, p. 124

¹²⁶⁷ O. EDENHOFER, R. PICHES-MADRUGA et Y. SOKONA (éd.), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, New York, Cambridge University Press, 2014, p. 489

¹²⁶⁸ Comme défendu chez D. BOURG et G. HESS, « La géo-ingénierie : réduction, adaptation et scénario du désespoir », *Natures Sciences Sociétés*, Vol. 18, n° 3, 2010, p. 299-300

possibles d'une intervention technique sur le milieu terrestre. Mais il ne permet pas d'établir un véritable dilemme, dans la mesure où il permet plutôt d'établir une échelle graduée de réponses à la pathologie de l'Anthropocène.

Dans la partie précédente, nous avons établi une distinction entre opérativité et opérationnalité terrestres, la première désignant un agir *sur* un milieu et la seconde *dans* le milieu. Il est frappant de constater que les limites planétaires et la géo-ingénierie relèvent toutes deux d'une *opérativité commune*. Dans les deux cas, en effet, il s'agit de maintenir possible l'opérationnalité terrestre – l'action humaine dans le milieu Terre – par le contrôle des conditions qui lui sont favorables, voire nécessaires. De plus, le problème et les réponses envisagées n'ont de sens et de valeur que par rapport à une norme planétaire, qui constitue l'objet ultime de ces propositions technico-politiques¹²⁶⁹. Enfin, la définition des conditions favorables à l'existence humaine est assez proche : il s'agit de prévenir un certain nombre de dommages dus à un emballement climatique.

En revanche la manière de contrôler la norme planétaire met bel et bien face à un dilemme. Dans le cas des limites planétaires, la stabilité holocénique s'obtient par la normativité même du « système Terre » : la politique d'autolimitation doit laisser ce système opérer en vue d'un retour progressif au bassin d'attraction holocénique. A l'opposé, la géo-ingénierie repose sur l'idée d'intervention technique sur certains processus biogéochimiques ou géophysiques déterminant les conditions d'habitabilité sur Terre, notamment sur le cycle du carbone ou le bilan radiatif. On assume alors une participation active et explicite à la normativité même de la planète. Symétriquement, il existe aussi une différence vis-à-vis de ce qui est demandé au pôle de la société. Le point de vue des limites planétaires requiert une épreuve d'instabilité en vue de restabiliser la dyade sociétés-Terre. Mais, comme le remarquent Bourg et Hess, du point de vue de l'ingénierie climatique, il s'agirait surtout de « ne pas mettre en péril les activités économiques majoritairement dépendantes aujourd'hui des énergies fossiles, que cela soit pour la production d'électricité, la transformation des matières, le transport, etc. » en intervenant non pas sur les causes du problème mais sur les symptômes¹²⁷⁰. Cependant, on peut moduler cette

¹²⁶⁹ Nous retombons ici sur l'argument de la conclusion de la dernière Partie : « Les appels à un management planétaire, à une médecine prescriptive du globe, ou encore à des formes d'intendance terrestre semblent les formes dominantes des réponses au changement global. En cela, elles ne visent pas moins de maîtrise du globe, mais au contraire un accroissement de maîtrise dont l'objet est bien le global. [...] Il y a action sur le globe dans la mesure où ce sont bien des processus à l'échelle planétaire sur lesquels il s'agit explicitement d'agir et ce dans une visée explicite d'une réponse globale à un problème global. Il y a maîtrise dans la mesure où cette action se doit d'être informée par des savoirs experts, où ses conséquences, et l'écart qu'elles entretiennent avec l'objectif scientifiquement défini, doivent faire l'objet d'un suivi objectif. » Voir la conclusion générale de la deuxième partie.

¹²⁷⁰ D. BOURG et G. HESS, « La géo-ingénierie : réduction, adaptation et scénario du désespoir », *op. cit.*, p. 301

analyse dans la mesure où tout comme le rôle de la chimie dans la prise en compte médicale des troubles psychologiques n'est pas censée se suffire à elle-même, les techniques d'intervention sur les processus climatiques à grande échelle sont également souvent décrites comme au mieux pouvant servir de complément à des politiques d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre¹²⁷¹. Dans ce cadre, la géo-ingénierie supposerait une *pharmacologie* faisant intervenir des techniques d'une très grande variété d'échelles et de prises de risque, consistant tantôt à repeindre des surfaces habitées de couleur claire, tantôt à la dissémination de particules soufrées dans la stratosphère¹²⁷². En revanche, même dans l'approche pharmacologique de la géo-ingénierie, l'enjeu reste bien de ralentir le changement social à l'origine de l'état pathologique de la planète.

22.5 Conclusion

L'intendant planétaire ferait bien face à un dilemme. Soit opter pour un changement d'état des sociétés afin d'éviter un changement d'état du « système Terre » potentiellement catastrophique en s'appuyant sur la normativité même de ce système ; soit maximiser la stabilité des sociétés telles qu'elles sont considérées aujourd'hui, en intervenant sur le fonctionnement du « système Terre » afin de prévenir tout état nuisible pour ces sociétés. Mais, dans les deux cas, il semble que nous avons affaire à un même paradigme dans lequel s'exercent les deux faces du devenir diagnosticien des savoirs de la Terre : un pouvoir nosologique et un pouvoir thérapeutique. La géo-thérapeutique à laquelle nous avons affaire n'oppose pas constitutivement une intervention technique à un retrait biologique et géochimique du fonctionnement du « système Terre ».

Pour appréhender cela, il faut se remémorer les propos de Crutzen, résonnant avec les thèses de Svante Arrhenius formulées au début du XXe siècle, que nous avons analysées en première partie. Dès les premières formulations du concept d'Anthropocène, Crutzen entrevoyait la possibilité de la géo-ingénierie non seulement afin de répondre à la situation climatique contemporaine, mais plus généralement comme manière de contrôler la norme climatique, et par exemple d'empêcher un nouvel âge glaciaire¹²⁷³. Que vaudrait le paradigme

¹²⁷¹ N. E. VAUGHAN et T. M. LENTON, « A Review of Climate Geoengineering Proposals », *op. cit.*

¹²⁷² Cette dernière technique engagerait collectivement l'humanité car il faudrait maintenir la concentration de ces particules sur des échelles de temps de plusieurs millénaires afin d'empêcher un réchauffement planétaire violent, dans l'éventualité où ces particules viendraient à disparaître.

¹²⁷³ Voir la section 19.3 . On pourra également consulter l'article de 2008 dans lequel Crutzen détaille avec ses collègues sa proposition P. J. RASCH, P. J. CRUTZEN et D. B. COLEMAN, « Exploring the Geoengineering of Climate Using Stratospheric Sulfate Aerosols: The Role of Particle Size », *Geophysical Research Letters*,

des limites planétaires face à une situation analogue de refroidissement global soudain ? Dans ce cas théorique, ce même appareil notionnel pourrait servir à définir un espace d'opérationnalité, avec ses seuils et ses paramètres, mais qui indiquerait précisément comment modifier ces derniers afin de compenser la glaciation en question.

De plus, nous pouvons souligner que des propositions qui paraîtraient relever d'un rapport « prométhéen » à la Terre, supposant la domination de la nature, pourraient être compatibles avec le paradigme des limites planétaires. Par exemple, puisque la « variation du forçage radiatif » fait partie des « paramètres de contrôle » du système climatique dans la version actuelle des limites planétaires, la manipulation de ce forçage pourraient en droit contribuer à rester dans le cadre des limites définies, et ainsi inclure des techniques de géo-ingénierie. De manière similaire, face à l'extinction des espèces provoquée par l'action humaine, des techniques d'ingénierie génétique pourraient être employées afin de compenser la perte de biodiversité par la création de nouvelles espèces¹²⁷⁴. Ainsi, nous retrouvons là un aspect de la conclusion de la partie précédente, à savoir que derrière un projet de gestion planétaire qui semble dénoter une éthique de l'autolimitation, transparait un projet de maîtrise dont les valeurs sous-jacentes pourraient être interrogées.

Si l'identification entre le normal définit à partir de la régularité historique et le normal thérapeutique n'a rien d'évidente, et si elle peut être dépassée s'agissant de la santé individuelle, les échelles de temps et l'ampleur de notre situation géologique rendent difficile la remise en cause de cette identification. Le péril de l'Anthropocène consiste peut-être précisément dans la perte de la normativité des écologies humaines et non humaines : à savoir la destruction de la capacité pour de très nombreuses espèces, dont l'humanité, d'instituer de nouvelles normes qui soient plus désirables que les précédentes, voire désirables tout court.

vol. 35, n° 2, 26 janvier 2008

¹²⁷⁴ Cette hypothèse n'est d'ailleurs pas du ressort du pur fantasme, puisqu'il existe aujourd'hui des projets de résurrection ou de « désextinction » d'espèces éteintes. J. FOLCH *et al.*, « First Birth of an Animal From an Extinct Subspecies (*Capra pyrenaica pyrenaica*) by Cloning », *Theriogenology*, vol. 71, n° 6, 1^{er} avril 2009, p. 1026-1034 ; B. A. SHAPIRO, *How to Clone a Mammoth: The Science of De-Extinction*, Princeton, Princeton University Press, 2015

Conclusion de la troisième partie : l'*anthropos* et l'explicitation du géo- savoir

I think all climate change pushes our imagination to the extreme so the one thing I will say is that there are no non-radical futures. The future is radically different from the present either because we make huge, rapid shifts in reducing our emissions with profound shifts in our society, or we hang onto the status quo for a few more years whilst we lock in huge shifts from the impacts of climate change. So, the future is radically different – there is no neat way around that¹²⁷⁵.

— Kevin Anderson, 2021

Apparue comme le nom d'un événement inouï, la notion d'Anthropocène amplifie considérablement la fenêtre de notre actualité. Elle devient un *bloc* d'actualisation, comme si l'ontologie du présent devait tout à coup se saisir d'un passé et d'un futur actuels, sans que ni les bornes de ce bloc, ni le mode sur lequel le faire importer n'était clairement donné. Comme si le présent était tout à coup spectaculairement amplifié par des rebords vertigineux, des rebords dépassant l'expérience et la durée humaines, étalons habituels de la définition d'une actualité. Que les bornes de ce bloc d'actualisation, que l'étendue et la nature de ce passé et de ce futur, constituent l'énigme à élucider, est précisément ce qui réactualise le diagnostic dans la mesure où ces questions se posent en même temps que le problème de savoir comment les

¹²⁷⁵ K. ANDERSON, « Going Beyond Dangerous », entretien réalisé par D. Miller, 23 mai 2021, Climate Chat Club

énoncer et ce qu'elles engagent comme problèmes et comme réponses. Ainsi, c'est également pour cette raison et à ce niveau que le concept d'Anthropocène relève d'un dire diagnosticien qui n'est plus seulement médical, et à ce titre, on peut considérer qu'elle modifie profondément le sens de l'actualité moderne analysé par Foucault¹²⁷⁶.

Dans cette partie, nous avons décrit l'élaboration progressive du concept d'Anthropocène par l'entremise du jeu des acteurs qui en sont porteurs depuis les années 2000. Un double mouvement apparaît. D'une part un processus qui, au fil des arguments, des arènes de publicisation et à la croisée de mots d'ordre institutionnels, construit un concept de plus en plus extensif, allongeant ses dimensions narratives et accumulant les faits afin de former un panorama total des bouleversements géologiques ; d'autre part, un processus qui semble suivre une ligne contraire, à savoir une trajectoire de spéciation via les normes d'un milieu particulier qui lui-même s'en retrouve questionné. Mais à mesure que s'élaborent le Grand Récit de l'Anthropocène et ses archives légitimes, le discours anthropocénique thématise l'actualité sous l'angle de l'alerte, afin de réinventer notre temps comme celui d'une pathologie qu'il s'agit de traiter avec les instruments idoines, taillés à la mesure de cet objet auquel on ne semble plus pouvoir échapper : le « système Terre ».

23.1 Est-il vain de controverser sur le nom de l'événement géologique ?

En interpellant le personnage tutélaire de la géologie, l'Anthropocène demande à l'ichtyosaure non seulement de penser un bloc d'actualisation, mais aussi de prendre en compte le fait que les membres de sa propre communauté sont à l'origine de l'événement à étudier¹²⁷⁷. Pour les géologues, comme pour une grande partie des sciences, l'« espèce » ou l'« humanité » sont les notions adéquates pour désigner un tel agent. C'est ainsi que les principaux travaux de géologie historique ont pris cette catégorie comme allant de soi : il s'agit de l'*anthropos* de l'Anthropocène. De nombreuses critiques provenant de la sociologie, de l'anthropologie, de l'histoire et de la philosophie en ont résulté : comment peut-on utiliser cette catégorie, alors que de façon tout à fait manifeste nous n'avons affaire ni à « l'homme », ni à l'« humanité », mais à des groupes sociaux bien précis avec leurs logiques particulières ? Ces critiques s'adosent à

¹²⁷⁶ Que ce que discerne Foucault soit historiquement exact importe peu dans le cadre de l'analyse présente. M. FOUCAULT, « Qu'est-ce que les lumières ? », *op. cit.*

¹²⁷⁷ L'argument développé dans cette conclusion reprend et approfondit celui déjà exposé dans un article paru, voir P. de JOUVANCOURT, « La fin de l'ichtyosaure. Perspectives sur les archives de l'Anthropocène », *op. cit.*

d'autres manières d'échafauder un récit de l'événement géo-écologique : c'est parce qu'il y a mésestime sur son sens qu'apparaît un certain nombre de remplaçants à l'Anthropocène : Capitalocène, Technocène, Plantationocène, Chthulucène, Androcène, etc¹²⁷⁸.

On peut rétorquer que les géohistoriens et les géohistoriennes utilisent simplement une synecdoque généralisante, c'est-à-dire un type de métonymie qui désigne la partie par le tout. De ce point de vue, tout semble supposer qu'une fois le cadre posé, et surtout le *fait qu'il y a bien une nouvelle époque géologique d'origine humaine*, charge aux différents savoirs d'en élaborer le sens. En outre, le nom de cette époque importerait peu, il serait même plus convenable de se conformer aux pratiques courantes et de l'adopter. Toutefois, cet usage de la catégorie d'humanité reste équivoque. Dire : « l'humanité est allée sur la lune », c'est entendre que ce qu'ont accompli les membres des missions Apollo vaut pour tous leurs semblables. Néanmoins, on peut contester cette mise en récit en refusant de faire valoir pour toutes et tous cet événement : « L'humanité n'est pas allée sur la lune, la lune a été atteinte par le programme spatial états-unien, participant de la conflictualité des puissances en contexte de Guerre froide. » Par ailleurs, cette dernière manière de nommer l'événement spatial conviendrait mieux au discours historique que la première.

Dater et comprendre sont deux opérations inséparables : par exemple, à elle seule, la fin du Crétacé il y a 66 millions d'années ne dit pas que la combinaison de la chute d'une comète à Chicxulub et d'éruptions volcaniques massives ont entraîné l'extinction des dinosaures¹²⁷⁹. Pour autant, cette date a bien été choisie pour ces raisons et aussi parce qu'il existe un signal clair permettant la corrélation stratigraphique. Cette question mérite qu'on en souligne les reliefs, tant la manière de nommer et de concevoir les cadres de la géo-histoire recèle historiquement des enjeux de pouvoir multiples, qui s'effacent au fil des trajets de traduction successives de l'histoire des sciences et de la publicisation de sa nomenclature et de ses récits. Les savoirs modernes se sont développés en lien étroit avec les mondes industriels et politiques¹²⁸⁰ et, comme le rappelle Ted Nield, directeur de publication du *Geoscientist Magazine*, émanant de la Geological Society of London, la géologie moderne est singulièrement en prise avec l'extraction des ressources nécessaires à l'industrialisation, à tel point que « les sociétés humaines ne pourraient tout bonnement pas survivre sans la

¹²⁷⁸ C. BONNEUIL et J.-B. FRESSOZ, *L' événement anthropocène*, *op. cit.* ; D. HARAWAY, « Anthropocene, Capitalocene, Plantationocene, Chthulucene: Making Kin », *Environmental Humanities*, vol. 6, n° 1, 1^{er} mai 2015, p. 159-165 ; A. MALM et A. HORNBERG, « The geology of mankind? », avril 2014, *op. cit.*

¹²⁷⁹ P. R. RENNE *et al.*, « State Shift in Deccan Volcanism at the Cretaceous-Paleogene Boundary, Possibly Induced by Impact », *Science*, vol. 350, n° 6256, octobre 2015, p. 76-78

¹²⁸⁰ D. PESTRE (éd.), *Le gouvernement des technosciences : gouverner le progrès et ses dégâts depuis 1945*, Paris, La Découverte, 2014 ; C. BONNEUIL et P.-B. JOLY, *Sciences, techniques et société*, *op. cit.*

géologie »¹²⁸¹.

Il y a d'abord euphémisation de rapports de pouvoir à travers la manière de nommer les objets de la géologie, à travers la manière d'agencer le temps. Il s'agit de la répartition inégale entre hommes et femmes du travail propre à la fabrique des savoirs et à sa valorisation et du type de récit que cette inégalité produit du XIXe siècle à nos jours¹²⁸². Ensuite, nous l'avons vu, l'agentivité géologique est souvent un caractère attribué rhétoriquement à « l'homme » ou à « l'humanité », alors qu'il s'agit au XIXe siècle de faire valoir plutôt les actions de « l'homme civilisé », correspondant ici à l'homme blanc d'origine européenne. Katherine Yusoff montre par exemple à quel point la géologie est structurellement liée à l'histoire de l'esclavage de masse et de l'extraction mondiale de matière, et que cette genèse conjointe se répercute sur les outils de cette discipline. Elle interroge le travail géologique contemporain comme entreprise dont l'effet est d'occulter l'histoire coloniale et esclavagiste qui, loin d'être anecdotique, participe au contraire à comprendre la nature même de l'événement Anthropocène¹²⁸³.

Un tel questionnement n'est pas seulement pertinent pour la nouvelle période, mais pour la nomenclature en géologie, et plus largement la manière dont les sciences nomment le temps et racontent les histoires communes. Par exemple, la domination de l'empire victorien au XIXe siècle se retrouve dans les divisions, les récits et les noms de la géologie, comme si le passé était enjeu de conquête : « Le Cambrien, l'Ordovicien, le Silurien et le Dévonien ont tous été nommés d'après des lieux du Royaume-Uni [...]. Bien que le Permien ait été nommé d'après la ville russe Perm, il a été identifié par Roderick Impey Murchinson, durant sa campagne de « géologisation » en Russie sous le patronage de l'empire. Les noms des époques du Tertiaire – Paléocène, Eocène, Miocène, etc. – furent inventés par cet esprit universel de l'Université de Cambridge, William Whewell¹²⁸⁴. » De plus, on peut souligner que la géologie moderne naît dans un cadre narratif nationaliste selon lequel la Terre elle-même offre aux meilleurs peuples les meilleurs sols¹²⁸⁵.

Ainsi, on peut se demander à quel point il est soutenable de se conformer à l'usage et

¹²⁸¹ T. NIELD, « A Tribe of Jobbing Ditchers », *Nature*, vol. 451, n° 7176, Nature Publishing Group, janvier 2008, p. 258. Bien entendu, cette relation de dépendance, voire d'affinité élective, n'est pas une pure traduction : la géologie n'est pas telle un pipeline se contentant de rendre disponibles les richesses du sol.

¹²⁸² C. V. BUREK et B. HIGGS, *The Role of Women in the History of Geology*, London, Geological Society of London, 2007

¹²⁸³ K. YUSOFF, *A Billion Black Anthropocenes or None*, Minneapolis, University of Minnesota Press, 2018

¹²⁸⁴ T. NIELD, « A Tribe of Jobbing Ditchers », *op. cit.*, p. 260

¹²⁸⁵ F. ALBRITTON JONSSON, « The Coal Question Before Jevons », *The Historical Journal*, vol. 63, n° 1, février 2020, p. 107-126

adopter le terme « Anthropocène », tout en faisant valoir la possibilité d'autres récits de l'événement qu'il désigne, dans la mesure où ce terme n'est lui-même pas un pur signe mais véhicule déjà, simplement en tant que nom, un cadrage dont la neutralité n'est qu'apparente. En effet, admettre que l'*anthropos* est neutre, c'est admettre implicitement *ce qui permet la neutralisation des raisons pour lesquelles il ne se serait pas*. D'autre part, admettre seulement par commodité ce terme, c'est accepter *ce qui le rend commode*, à savoir une autre forme de *neutralisation* inscrite dans les *habitus* discursifs des milieux dans lesquels il est promu. On comprend ainsi que la question de terminologie n'est elle-même que le signe d'un symptôme plus profond sur le signifié, ou, plus exactement, que le conflit porte sur l'articulation entre signifié et signifiant, c'est-à-dire sur le *signe même qu'il s'agit de véhiculer*. Le problème n'est pas dessiné par l'alternative entre un simple changement de nom et un changement de récit laissant le nom intact, mais par l'exigence plus ou moins tendue *de faire importer l'acte de nommer comme un acte total*, c'est-à-dire *comme une énonciation* au sens plein, qui aspire à instaurer autant que possible la fonction du signe dans son intégrité.

Par conséquent, l'enjeu est à la fois épistémique, éthique et politique dans la mesure où il engage des énonciations différentes, et pas simplement une hésitation terminologique. Il renvoie au problème de savoir quelle serait la manière de bien rassembler les associations qui permettent d'énoncer notre actualité géologie – si toutefois nous pensons que cela est *possible ou souhaitable*. Un tel problème engage sans doute une réflexion sur un principe d'articulation des différentes exigences relatives à la manière de nommer cette actualité¹²⁸⁶. A ce stade, observons que la réception du concept d'Anthropocène n'est pas seulement intéressante pour ce qu'elle donne à voir du champ des humanités environnementales, mais aussi en ce qu'elle ouvre la possibilité d'en reproblématiser les principes d'énonciation. Elle problématise le dire géologique comme un pouvoir qui pourrait, ou qui devrait, prétendre au statut de commun.

23.2 Un moment d'explicitation pour la politique

A côté de la question de savoir comment énoncer collectivement le concept d'Anthropocène, se pose celle de comprendre comment ce dernier s'articule avec les régularités historiques du dire géologique. Comme nous l'avons analysé dans la partie précédente, les thèmes de l'humanité comme force de la nature, du péril de cette situation, de la nécessité d'en approfondir la connaissance scientifique, constituent une des prémisses institutionnelles des

¹²⁸⁶ Nous proposons une voie diplomatique en conclusion générale.

savoirs de la Terre dès les années 1980¹²⁸⁷. Ainsi, même dans le cas où l'originalité fondamentale de la thèse de l'Anthropocène serait maintenue contre la longue réflexivité géologique des modernes, il faut admettre que les grandes lignes du dire anthropocénique occupent une place centrale dans les savoirs de la Terre depuis presque un demi-siècle. Ainsi, à ce titre au moins, nous pouvons interroger le statut du concept d'Anthropocène comme événement de savoir. Si l'agir géologique de l'humanité relève bien du discours afférent au dispositif de géo-savoir, à quelle invention correspond le concept d'Anthropocène ?

Toute la séquence des années 2000 et 2010 apparaît comme un moment l'explicitation du dire géologique. Le concept d'Anthropocène émerge à un moment où l'IGBP réalise ses grandes synthèses concernant à la fois les différentes composantes du « système Terre » et sa totalité (2000-2005). Le vaste ensemble de faits et d'analyses le constituent comme objet de savoir. Si le « système Terre » était une unité discursive, il est désormais la manière d'encapsuler un ample réseau d'études. Le concept d'Anthropocène permet alors qualifier la *normativité* portée par le champ des SST depuis ses débuts. En effet, il relie l'objet « système Terre » à un diagnostic, qui est caractérisé dans un vocabulaire plus spécifique que le terme de *global change*, qui occupait la même fonction discursive entre les années 1980 et 1990. Ce dernier a l'inconvénient de se rapporter à de nombreux types de phénomènes : il peut également s'agir, par exemple, de la déforestation, de l'agriculture, de la pollution ou encore de la globalisation de l'économie marchande. Mais le concept d'Anthropocène précise le diagnostic du *global change*, qui se mue en diagnostic géologique au sens où il se rapporte alors aux processus fondamentaux de la Terre en tant que système global¹²⁸⁸.

Cette précision est aussi une *limitation* qui possède une fonction sociopolitique. En effet, le diagnostic est ainsi clairement restreint au domaine sur lequel l'autorité des SST peut s'exercer, à condition que ces processus portent justement sur ceux qui font l'objet des différents sous-programmes de l'IGBP, et des autres savoirs se revendiquant des sciences du « système Terre ». De manière encore plus déterminante, le diagnostic de l'Anthropocène permet de le définir selon la conception de la Terre comme système dynamique impliquant des changements fonctionnels et autres points de bascule, ce qui est précisément un élément central du discours de synthèse de l'IGBP. Dans cette fonction institutionnelle, le concept d'Anthropocène produit ainsi la rencontre entre une réflexivité environnementale, mettant à ce moment en valeur les dommages environnementaux, et une réflexivité géologique, thématissant la position de l'agir humain par rapport à la planète dans le discours savant.

¹²⁸⁷ Voir le chapitre 13 « L'IGBP et les sciences du changement global ».

¹²⁸⁸ Mais non pas au « géo » des géologues, restés majoritairement à l'écart des programmes de SST.

Dès le premier article sur l'Anthropocène¹²⁸⁹, Stoermer et Crutzen estiment que les géologues pourraient avoir quelque chose à redire de cette proposition. Le travail que les géologues de l'Anthropocene Working Group réalisent à partir de la fin des années 2000 produit plusieurs déplacements spécifiques au concept d'Anthropocène. Tout d'abord, le projet des géologues est de rendre légitime une notion qui provient de l'extérieur de leur discipline, ce qui constitue déjà une nouveauté. De plus, tout en acceptant de jouer le jeu des règles épistémiques et bureaucratiques de la stratigraphie, leur travail les interroge *de facto*. Il remet en question leur tradition épistémique dans la mesure où il devient nécessaire de faire une géologie se rapportant à l'actualité, là où une des conditions traditionnelles pour faire de la géologie était de s'intéresser à l'inactuel. Il questionne la coutume bureaucratique de deux façons : d'une part l'AWG implique des acteurs non-experts des questions géologiques ; d'autre part, son travail convoque, par les controverses qu'il suscite, des demandes de participation d'autres disciplines et provoque une certaine politisation de la géologie. Mais cette politisation n'en est pas pour autant un dévoiement. Les scrupules des géologues de l'AWG visant à respecter les bonnes procédures de la stratigraphie montrent plutôt que *c'est bel et bien l'actualité qui est un dévoiement du temps géologique*.

Au final, on peut dire que le parcours énonciatif entrepris par les géologues de l'AWG est une tentative pour *nous rendre collectivement capables de dire l'événement géologique le plus sérieusement qu'il nous soit possible de le dire*. Ce « nous » n'est pas l'humanité universelle, mais se rapporte aux cosmologies naturalistes¹²⁹⁰, dans lesquelles la stratigraphie, à la fois comme disciple et institution, constitue la source d'énonciation légitime de la vérité du temps géologique. Par conséquent, il n'y a pas, pour ce « nous », de manière plus sérieuse de dire l'événement géologique que de l'énoncer depuis ces dernières, ce qui implique de se confronter à leurs normes et à leurs règles. Dans le même mouvement, cette tentative renoue avec le dire géologique du XIXe et du début du XXe siècle, au sein duquel l'agir humain sur la planète faisait l'objet d'un réel intérêt scientifique¹²⁹¹. Cet agir se présentait alors comme la culmination de l'histoire de la Terre et, en dépit de certaines dissonances, l'époque géologique humaine ouvrait un futur prometteur. Quand bien même pouvait-elle être qualifiée par les faits géologiques, son mode d'existence était surtout virtuel. L'Anthropocène est le résultat d'un geste opposé. Si l'on pourrait en principe justifier géologiquement l'Anthropocène par le virtuel, en soutenant que la Terre *sortira* certainement des normes holocéniques, les géologues

¹²⁸⁹ P. J. CRUTZEN et E. STOERMER, « The Anthropocene », *op. cit.*

¹²⁹⁰ Au sens de Descola dans P. DESCOLA, *Par-delà nature et culture*, Paris, Gallimard, 2005.

¹²⁹¹ Voir le chapitre 4, « La géologie et la dernière époque de l'histoire de la Terre ».

de l'AWG tiennent à défendre un Anthropocène le *plus actuel possible*. Par conséquent, loin d'affirmer que nous sommes engagés à vivre une future époque géologique causée par nos actions, ils soutiennent que *l'événement géologique est déjà arrivé*.

Le diagnostic du concept d'Anthropocène joue également le rôle d'alerte : il porte dans l'espace public un problème auquel nous sommes sommés de trouver une réponse. Ce faisant, il opère un double mouvement de subjectivation et d'objectivation et présente une certaine distribution des objets et des sujets qui n'est ni neutre ni nécessaire. Le parcours énonciatif du concept d'Anthropocène montre comment les scientifiques et les ingénieurs sont définis comme les guides éclairés de l'humanité, elle-même unifiée et souffrant de difficultés à comprendre les enjeux réels de sa situation¹²⁹². A côté de cette première répartition des rôles, les sciences du « système Terre » s'attribuent la capacité à définir les maux légitimes qu'il s'agit de traiter, à savoir un dérèglement des fonctions planétaires, ainsi que la nécessité et l'urgence avec laquelle l'action est requise. C'est ce que nous avons appelé le pouvoir nosologique.

Le concept d'Anthropocène n'est pas nécessairement le foyer à partir duquel émanerait tout le discours sur l'urgence écologique globale, mais il est un terme suffisamment large et partagé pour constituer un lieu commun dans lequel ce discours se manifeste d'une manière particulièrement synthétique. Or, avec les années 2000 et 2010, un fait nouveau semble apparaître. Comme on l'a vu, l'agir planétaire est un thème de spéculations et de recherche inscrit au cœur de l'émergence du géo-savoir après la Seconde Guerre mondiale¹²⁹³. Or cet agir est redéfini dans le sillage du concept d'Anthropocène. Dans la géo-opérativité, il s'agissait d'agir sur des phénomènes particuliers, mais de grande échelle. Plus radicalement, il s'agissait d'agir sur la Terre comme *espace*. Cependant, le concept d'Anthropocène véhicule l'idée qu'il nous faut désormais agir sur le *devenir terrestre*. En effet, l'objet de l'agir *est moins la planète elle-même que la normativité de la Terre*, c'est-à-dire les processus et les fonctions du « système Terre » par lesquels des conditions d'habitabilité planétaires satisfaisantes sont maintenues.

Mais qu'est-ce qu'une habitabilité planétaire *satisfaisante* ? Tel est l'enjeu fondamental de l'agir anthropocénique, le point précis d'où on peut tracer les jeux de pouvoirs que cet agir recèle. Au premier abord, cela peut paraître banal car on ne peut désirer l'inhabitabilité planétaire. Néanmoins l'évidence se brise en morceaux dès qu'on demande *pour qui* cette habitabilité est satisfaisante et *comment faire* en sorte de la rendre ou de la maintenir

¹²⁹² P. de JOUVANCOURT et C. BONNEUIL, « En finir avec l'épopée. Récit, géopouvoir et sujets de l'Anthropocène », *op. cit.*

¹²⁹³ Voir la deuxième partie « L'invention de l'environnement total », chapitres 7 à 15.

ainsi. Il n'existe pas de commune mesure entre l'échelle du problème de la normativité de la Terre et celle des communautés politiques existantes, toutes locales : d'où la pluralité des définitions possibles d'une norme terrestre convenable. L'existence des Gwich'in d'Alaska et des glaciers de haute montagne se disloque déjà¹²⁹⁴, alors que les peuples européens ne font pour le moment face qu'à des épisodes sporadiques de dérèglement météorologique. Ainsi, pour les premiers, l'élévation des températures actuelles n'est déjà plus satisfaisante tandis que les seconds se consolent d'une augmentation d'au moins +2°C par rapport à l'ère préindustrielle. Cette fragmentation des communautés politiques doit en outre être menée de manière récursive, dans la mesure où, par exemple, la norme de l'habitabilité planétaire des compagnies pétrolières diffère de celle des mouvements climat. En effet, les stratégies de déni climatique ne relèvent pas simplement de la défense du profit à très court terme, mais s'accompagnent d'une connaissance scientifique du monde et de stratégies d'influence qu'il faut prendre au sérieux comme une manière de faire advenir un monde à +3,5°C qui, du point de vue des *majors* du pétrole, est plus profitable, et *donc préférable*, à un monde connaissant +1,5°C d'élévation de la température globale¹²⁹⁵.

Un symptôme troublant de cette situation se trouve dans le fait que la quasi-totalité des acteurs politiques pris dans le dispositif de géo-savoir ont en commun la prétention au contrôle de la norme d'habitabilité terrestre¹²⁹⁶. A ce titre, il est frappant que la géo-ingénierie, ensemble regroupant une très grande diversité de techniques, semble faire consensus dans ses *principes*. En effet, celle-ci est envisagée comme solution au problème climatique non seulement par les compagnies pétrolières, les milliardaires ou encore les puissances stratégiques, mais également par des acteurs de la gauche critique comme Mark Alizart et Andreas Malm, éco-léniniste déclaré et promoteur du sabotage des infrastructures pétrolières¹²⁹⁷. La possibilité et la nécessité de l'action sur le système Terre semblent être largement admises, même si les justifications diffèrent. Tout se passe comme si, en problématisant l'actualité géologique, le dispositif de géo-savoir nous avait collectivement imposé cette mission avec l'évidence que nous puissions en être à la hauteur.

¹²⁹⁴ N. MARTIN, *Les âmes sauvages : Face à l'Occident, la résistance d'un peuple d'Alaska*, Paris, La Découverte, 2016

¹²⁹⁵ Non pas qu'il y ait un désir d'un tel monde en soi, mais un monde dans lequel les réserves d'énergie fossile seraient presque intégralement laissées sous terre constitue ce qu'il convient d'éviter. Merci à Quentin Hardy de m'avoir invité à préciser ce propos.

¹²⁹⁶ Qui ne concerne donc pas les Gwich-in et de nombreux autres peuples.

¹²⁹⁷ Voir M. ALIZART, *Le coup d'État climatique*, Paris, PUF, 2020 ; A. MALM, *Has It Come to This? The Promises and Perils of Geoengineering on the Brink*, J. P. Sapinski, H. J. Buck et A. Malm (éd.), New Brunswick, Camden, Rutgers University Press, 2020. Je remercie Léna Silberzahn de m'avoir indiqué cette référence sur Malm. Sur le sabotage, voir A. MALM, *Comment saboter un pipeline*, É. Dobenesque (trad.), Paris, La Fabrique, 2020.

Par conséquent, le dispositif de géo-savoir configure notre manière de nous emparer de l'événement géologique à partir d'une question thérapeutique. Autrement dit, face à l'événement Anthropocène, nous sommes sommés de répondre à la question de savoir quelle action nous devons mettre en œuvre pour agir sur une norme qu'il faut modifier, corriger ou piloter. Il ne s'agit pas d'affirmer que le dispositif de géo-savoir s'impose à nous d'un seul bloc, qu'il ne nous laisse guère d'autre choix que de consentir à son jeu, tout illusionnés que nous serions. Il s'agit plutôt de mettre au jour l'agencement d'énonciation dans lequel est pris le concept d'Anthropocène, afin que les contraintes du géopouvoir deviennent moins nécessaires, et de se rendre éventuellement capable de proposer d'autres manières de s'emparer de ce qui est nommé. En effet, si nous sommes irrémédiablement engagés dans la question géo-thérapeuthique, nous pouvons bien la redéfinir de fond en comble en demandant : au nom de quoi la met-on en œuvre ? Pour qui ? Selon quelle répartition des pouvoirs ? En mobilisant quelles pratiques et quel type d'attention au monde ?

Conclusion générale

I think our job is to make the Anthropocene as short/thin as possible and to cultivate with each other in every way imaginable epochs to come that can replenish refuge.

Right now, the earth is full of refugees, human and not, without refuge¹²⁹⁸.

— Donna Haraway, 2015

Soit le document suivant : un article chevauchant la dix-septième et la dix-huitième page d'une revue scientifique, signé par deux spécialistes, l'un célèbre et galvanisé par de récentes découvertes, l'autre convaincu depuis longtemps par la thèse qu'il y expose. Publié en 2000 dans la revue *Global Change Newsletter*, ce texte agence des signes qui seront pendant deux décennies repris, découpés, allongés, dispersés, dépliés, contestés. Pour saisir la manière spécifique dont ce processus d'énonciation collectif a fait événement, nous avons mis en œuvre une approche qui prend en charge à la fois les régularités du discours et la création propre à ce processus. Trois moments ont été dégagés : une longue durée correspondant à un premier niveau archéologique renvoie aux régularités discursives portant sur l'agentivité globale de l'humanité dans les savoirs de la Terre ; une durée intermédiaire met au jour un second niveau archéologique dans lequel ces régularités sont pour ainsi dire recodées dans un dispositif de géo-savoir ; enfin, une durée courte, celle de l'énonciation du concept d'Anthropocène s'actualisant, montre comment celui-ci se construit peu à peu, embarquant des acteurs hétérogènes au gré des traductions successives. Quels enseignements tirer de ce parcours ?

Tout d'abord, de manière transversale, cette approche méthodologique nous a permis de restituer la manière dont ces trois temporalités s'articulent. Elles ne le font pas selon un ordre de succession, mais selon une relation de traduction. La longue durée présente des régularités générales et permet de dégager une profondeur historique de l'action de l'humanité sur le globe dans les savoirs de la Terre. Cette régularité est d'autant plus probante qu'elle est distribuée dans l'hétérogénéité de ces savoirs. La durée intermédiaire montre en quoi ce schème est réinventé dans un vaste agencement impliquant des institutions, des réseaux matériels, des discours et des imaginaires dans le cadre d'un projet de maîtrise du globe propre à l'instauration

¹²⁹⁸ D. HARAWAY, « Anthropocene, Capitalocene, Plantationocene, Chthulucene », *op. cit.*, p. 160

d'une infrastructure de savoir. Enfin, la temporalité courte permet de se rendre attentif à la manière dont les acteurs participent collectivement à l'énonciation du concept d'Anthropocène dans un processus qui n'a de cesse d'en redessiner les contours et d'en faire un socle à partir duquel réinterroger leurs positions et actualiser d'autres énoncés dont ils héritent. Ainsi, chaque étage de l'enchâssement recode le précédent mais tout en recevant en partage l'archive – la loi de ce qui est dit – du précédent. Cette démarche est cependant entièrement dépendante de l'objet initial de l'enquête.

De la première partie correspondant au temps long, on tire tout d'abord un premier enseignement d'ordre épistémologique. En premier lieu, il nous faut certes rejeter l'idée de précurseurs qui témoigneraient de la lente progression d'une vérité nous étant enfin révélée. Mais il paraît tout aussi essentiel d'interroger une lecture discontinuiste de l'histoire des sciences qui insiste sur l'incommensurabilité des concepts. En effet, dans certaines situations, cette dernière réhabilite l'originalité radicale des énoncés contemporains et la conscience du présent comme seule source légitime de compréhension de l'actualité. Dans cette perspective discontinuiste, seul le concept d'Anthropocène provenant des sciences du « système Terre » pourrait témoigner d'une conscience des enjeux réels de l'agir géologique. D'un côté, la généralisation devient une lecture anachronique de l'histoire, de l'autre, l'attribution à un cadre épistémique rend le passé aveugle à lui-même. C'est pourquoi il convient dans un même mouvement de saisir la spécificité des énoncés du passé, en montrant que, tout en témoignant des problèmes de leur époque, ils peuvent, mais seulement rétrospectivement, nous concerner et nous interpeler. Ainsi, faire l'histoire du discours sur l'agentivité géologique de l'humanité montre à la fois la permanence insistante d'une question dans les savoirs de la Terre, et la diversité des manières dont elle est conceptualisée. Cette conclusion remet en question la pertinence de l'alternative classique entre continuité et discontinuité dans les débats historiographiques. Elle souligne plutôt l'attention nécessaire aux registres de discours dans lesquels les énoncés scientifiques sont proférés, et ouvre à la comparaison comme outil de lecture historique depuis les problèmes actuels.

De la première et de la seconde partie, nous pouvons tirer un second enseignement. Il concerne le statut des énoncés spéculatifs dans les sciences, qu'ils portent sur des thèses générales sur l'humanité, ou qu'ils relèvent de projets de science appliquée (à la guerre ou en vue de l'amélioration de la Terre). Plus éloignés des preuves et des épreuves qui font habituellement la solidité des faits empiriques, les énoncés spéculatifs n'en restent pas moins inscrits dans le réseau des énoncés que les acteurs forment selon une exigence de cohérence pouvant être qualifiée de « scientifique », au même titre que d'autres énoncés. C'est

précisément cette manière de relier le spéculatif avec ce qui est plus souvent valorisé dans l'histoire des sciences, qui doit être pour nous digne d'intérêt, nous qui tentons de déchiffrer le discours par-delà le cours irréversible de l'histoire. Les sciences n'exigent pas que leurs énoncés diffèrent fondamentalement des « créature[s] de la fiction », mais qu'elles soient des fictions capables de faire taire les sceptiques¹²⁹⁹. Les énoncés spéculatifs des sciences appartiennent précisément à ce genre très particulier de fiction.

Le temps long nous enseigne que les savoirs de la Terre modernes témoignent d'un authentique intérêt pour l'action humaine. Il ne s'agit pas seulement de le spéculer, mais aussi de l'évaluer et de le nourrir de faits. Les savoirs du climat global estiment depuis très longtemps que l'action humaine peut modifier le climat global en perturbant le cycle de l'eau ; la physique du globe thématise progressivement la modification du pouvoir radiatif planétaire par les rejets de l'activité industrielle ; les récits géologiques marquent ontologiquement l'avènement de l'humanité et évaluent sa faculté à mouvoir et altérer la matière vivante et inerte du monde ; la géochimie commence à quantifier l'intervention humaine dans les grands cycles des éléments. Se constitue alors un Grand Récit positif, promouvant l'exception humaine, parfois déjà teinté d'inquiétude. Aux XIXe et XXe siècles, l'époque géologique humaine est celle d'une culmination, un stade d'organisation de la matière qui annonce la fin de l'histoire de la vie et de la Terre comme un stade ontologiquement indépassable. Mais la figure de l'humanité avancée est celle, ambiguë, de la civilisation européenne et de son industrie grandissante. En ce sens, dire l'événement géologique est peut-être une affaire de la modernité toute entière, une manière d'explorer symboliquement les dimensions de l'agir concret des modernes, d'entrevoir les limites en-deçà desquelles cet agir peut *encore* constituer un fait et non un simple songe, reflétant l'intérêt porté à la Terre comme objet de connaissance et sujet d'exploitation. L'humanité est une force géologique en puissance ou en acte : voilà qui constitue peut-être une constante épistémique des savoirs de la Terre, témoignant par là d'une longue réflexivité des modernes sur leur agir technique, y compris biologique, considéré comme manifestation d'un progrès général de la civilisation.

A partir de ces profondes régularités, le temps intermédiaire met au jour les conditions d'un renouvellement profond du dire géologique au prix d'un immense investissement institutionnel et infrastructurel lié initialement à la rivalité des puissances de la Guerre froide. Naît alors un dispositif de géo-savoir, qui articule quatre dimensions. Un projet d'inventaire global et synoptique de la Terre qui vise à l'exhaustivité des phénomènes s'y déroulant, et dont

¹²⁹⁹ I. STENGERS, *L'invention des sciences modernes*, op. cit., p. 94

l'imagerie satellitaire offre un puissant ressort. Le traçage des milieux terrestres, de leurs mouvements, de leurs flux de matière et d'énergie internes et externes permet de fixer le temps et l'espace de la Terre dans une matrice indexée notamment par des techniques doublement tributaires de la recherche et de l'industrie nucléaires. Orthogonalement à ces deux processus définissant un premier axe, on peut distinguer deux registres d'action motivant la volonté de constituer un savoir exhaustif de la Terre. En premier lieu se trouve ce que nous avons nommé la « géo-opérationnalité », à savoir la recherche de l'accroissement de la capacité à agir dans les milieux terrestres. Cette capacité renvoie tout autant à l'action économique, et notamment à l'optimisation de la productivité de la Terre, qu'au développement du pouvoir d'intervention militaire dans les différents milieux terrestres. En second lieu se trouve la « géo-opérativité », comme capacité à agir sur la Terre afin d'en mobiliser les puissances pour viser la destruction de masse ou la mainmise sur la contingence des conditions d'existence globales. Il y a ainsi dès la guerre froide tout un imaginaire de l'agir géologique plein et délibéré : comme si nous avions affaire à une *volonté* d'être force géologique.

A partir de ce processus général, les savoirs de la Terre s'engagent dans un devenir diagnosticien, équipés pour définir une norme de la Terre et les maux de l'environnement global, voire définir l'environnement total comme la somme de ces maux. Les sciences du « système Terre » se constituent dans les années 1980 dans ce devenir, impliquant un réagencement institutionnel important des savoirs de la Terre. Elles se donnent pour impératif de comprendre la manière dont l'humanité devient une force de la nature, une force non seulement climatique mais propre à faire événement dans l'histoire de la Terre. L'impératif d'une gestion planétaire se justifie alors aux yeux des acteurs de l'époque car le changement global engendré par l'humanité est cette fois considéré comme un péril inouï nécessitant une réponse large et urgente. La plupart des thèses sous-jacentes au concept d'Anthropocène font alors partie des énoncés fondamentaux des grands programmes de recherche des sciences du « système Terre ». Mais ce moment apparaît également comme la continuation d'un imaginaire de la maîtrise globale, dans la mesure où la géo-opérativité se mue en gestion du « système Terre ».

Enfin, la troisième temporalité de l'énonciation du concept d'Anthropocène a mis en évidence deux dynamiques. D'un côté, un Grand Récit de l'humanité se répand et s'élabore entre 2000 et 2011 à travers un processus d'association d'acteurs et de publicisation dans les arènes pluridisciplinaires des sciences internationales. Il se propose l'alerter d'un redoutable changement de norme du « système Terre ». Dans ce récit, la fuite en avant se présente tout autant comme « Grande Accélération » que « point de bascule ». Par conséquent, elle

caractérise à la fois l'origine et la nature du mal qui vient. D'un autre côté, les géologues entreprennent à partir de la fin des années 2000 de produire une stratigraphie de l'Anthropocène, en se demandant si cette époque peut s'insérer dans la nomenclature officielle. Ce second processus conduit à spécifier, dans les normes propres à cette discipline, cette catégorie mais, en retour, les cadres disciplinaires de la géologie s'en trouvent profondément interrogés. Se pose alors la question de savoir s'il est possible de faire ce qu'une définition de l'Anthropocène requiert : une géologie de l'actuel.

Finalement, cette troisième partie permet de dégager une situation d'énonciation complexe, traversée par des tensions épistémiques et normatives que nous analysons en trois processus. Tout d'abord, le premier processus correspond à l'énonciation du concept d'Anthropocène. Il s'agit d'une explicitation des énoncés fondamentaux des sciences du « système Terre » (SST) remontant au moins aux années 1980. Il permet au discours exotérique des SST de parvenir à articuler plus systématiquement et factueliser ce qui était peut-être encore trop sous-déterminé avec la notion de *global change*, tout en offrant l'occasion de problématiser à nouveau l'actualité urgente des maux globaux qu'il définit et d'asseoir plus fermement la vocation normative du discours des SST.

Le deuxième processus est celui de l'explicitation du rapport entre l'action planétaire et son objet. Héritant des appels au management planétaire, les acteurs gravitant autour du concept d'Anthropocène ne se contentent plus de formules vagues à ce sujet. Tout au long des années 2000 et 2010, se joue un double mouvement : l'approfondissement du pouvoir de nommer le mal global par le concept d'Anthropocène et l'investissement positif dans la conceptualisation de l'action planétaire. On peut dire que ces années représentent un moment fort de la mise au jour du pouvoir nosologique et thérapeutique des sciences du « système Terre ». Ce qui compte alors, c'est ainsi non pas les idées générales qui apparaissent, et qui sont toujours le fruit de traductions lentes et graduelles, mais le niveau de cohérence, d'articulation et l'extension des énoncés géo-nosologiques et géo-thérapeutiques, ainsi que la manière dont ils sont mobilisés dans le champ politique.

Le premier processus, traversant l'espace public, engendre un troisième processus qui engage la fragmentation du Grand Récit une multiplicité de lectures : tandis que les géologues sont à la recherche des marqueurs de l'Anthropocène, un autre champ très hétéroclite s'en empare. Il s'agit des humanités environnementales qui se constituent comme telles au tournant des années 2010, mais à partir d'un ensemble de questions abordées plus anciennement dans

une pluralité de disciplines¹³⁰⁰. Le concept d'Anthropocène forme alors pour ce champ un *topos* commun à partir duquel des problèmes existant bien antérieurement dans le champ académique, se réfractent et interfèrent : quelles sont les racines culturelles, politiques, philosophiques, économiques de ce qui était parfois nommé la « crise écologique », et que, précisément, le terme « Anthropocène » vient désigner ? Laquelle de ces dimensions prédomine ? Comment les questions environnementales obligent-elles à décrire à nouveaux frais les catégories historiques et les ontologies traditionnelles ? etc.¹³⁰¹

Le concept d'Anthropocène a ainsi engendré une arène commune, dans laquelle les arguments ont pu parfois échapper à leurs milieux de production initiaux, parfois se contenter d'être reformulés dans le nouveau vocable anthropocénique. Comme nous l'avons remarqué au sujet de l'*anthropos* de l'Anthropocène, ces échanges ont pu susciter de réels conflits épistémiques. D'où, notamment, l'intérêt de penser la possibilité d'une diplomatie qui respecte en même temps la nature, et parfois la nécessité, des différends.

Une diplomatie des savoirs est-elle possible ?

*Hence, it is commonly feasible to compare the history captured by human observations with the history recorded in sediment layers*¹³⁰².

— Zalasiewicz *et al.*, 2017

¹³⁰⁰ Que cela soit en philosophie, en histoire, en économie, en géographie ou en anthropologie, les questions environnementales font progressivement partie des objets de la recherche universitaire à partir des années 1970 et 1980, mais ce champ, qui répond à un mode d'organisation spécifique de la recherche, est bien thématiqué tardivement dans le contexte d'une forte transdisciplinarité promue au niveau international. G. QUENET, « Chapitre 11. Un nouveau champ d'organisation de la recherche, les humanités environnementales », dans G. Blanc, E. Demeulenaere et W. Feuerhahn (éd.), *Humanités environnementales : enquêtes et contre-enquêtes*, Paris, France, Publications de la Sorbonne, 2017, p. 255-270 ; R. S. EMMETT et D. E. NYE, *The Environmental Humanities: a Critical Introduction*, Cambridge, Mass, MIT Press, 2017

¹³⁰¹ Ce qui frappe également lorsqu'on assiste à ce processus, c'est le manque de réflexivité historique portant sur ce champ lui-même. En effet, tout se passe comme s'il n'y avait jamais eu de grandes rencontres entre SHS et sciences naturelles autour des questions écologiques globales, alors que c'est précisément ce qui s'est passé dans les années 1980 et 1990 au sujet du *global change*.

¹³⁰² J. ZALASIEWICZ *et al.*, « Petrifying Earth Process », *op. cit.*, p. 5

La guerre des sciences et le geste diplomatique

La controverse sur la manière de nommer l'événement géologique ne se rapporte pas seulement au choix d'un terme, mais bien à ce que nous articulons dans l'énonciation. Les noms importent lorsqu'on cherche à les reconnecter avec les histoires qui ont fait historiquement rhizome avec eux, lorsqu'on désire s'appropriier et faire apparaître ces histoires dans les rapports collectifs aux énoncés géologiques. Non pas que ces histoires n'existent point, mais la manière légitime de définir, de nommer, de se rapporter et de déterminer l'usage collectif du nom de l'événement géologique d'origine humaine fonctionne à partir d'une telle séparation. Comme l'a remarqué Isabelle Stengers, l'acte de nommer importe toujours car « *Nommer n'est pas dire le vrai, mais conférer à ce qui est nommé le pouvoir de faire sentir et penser sur le mode qu'appelle le nom*¹³⁰³. »

Face aux critiques du concept d'Anthropocène provenant du champ des sciences humaines et sociales et de la philosophie, on peut dénombrer au moins trois types de recours possibles. Le premier vise tout bonnement à abandonner le travail de définition de l'Anthropocène parce que celui-ci relèverait de la culture populaire ou de revendications militantes qui n'auraient pas leur place au sein de la construction savante, ou encore parce que la controverse et les problèmes qu'elle soulève rend insoluble la difficulté de nommer ce que nous vivons¹³⁰⁴. Ce recours sort de l'objet du présent travail, puisque ce dernier se fonde sur l'existence *de facto* des études géohistoriques sur l'Anthropocène. Le second est une tentative de conserver la bonne séparation disciplinaire, de délimiter ce qui relève d'une définition géohistorique de ce qui a trait au champ de compétence des autres disciplines (archéologiques, sociohistoriques, philosophiques, etc.), en renvoyant ces dernières à un *autre* objet : par exemple de la « technosphère »¹³⁰⁵. Or, ce recours est très délicat à maintenir puisque cela reviendrait à désavouer les compétences des autres savoirs ayant trait à l'action humaine (et parfois non humaine) – compétences déjà en partie reconnues dans les définitions de l'Anthropocène proéminentes. *De facto*, il a un recoupement d'objets, même partiel, d'autant plus dans une séquence des sciences humaines et sociales où les questions écologiques sont largement investies.

¹³⁰³ I. STENGERS, *Au temps des catastrophes : Résister à la barbarie qui vient*, *op. cit.*, p. 49

¹³⁰⁴ W. J. AUTIN et J. M. HOLBROOK, « Is the Anthropocene an issue of stratigraphy or pop culture? », *op. cit.* ; A. M. BAUER et E. C. ELLIS, « The Anthropocene Divide », *op. cit.*,

¹³⁰⁵ C. HAMILTON, « Getting the Anthropocene so Wrong », *op. cit.*. S'il est vrai que l'utilisation de l'Anthropocène se fait de façon parfois inappropriée, il nous semble que ce n'est pas là une raison suffisante pour justifier une différence stricte.

Le dernier recours possible est plus subtil mais produit des effets similaires. Il consiste à admettre les multiples références à l'Anthropocène : c'est le recours pluridisciplinaire¹³⁰⁶. Dans ce cas, la juxtaposition des savoirs offre une sorte de vue kaléidoscopique de l'Anthropocène où la tolérance règne, où chacun peut envisager le concept à sa manière mais sans véritablement concerner les autres. Néanmoins, comme l'a montré Isabelle Stengers, de ce type de déclaration de non-rivalité résulte l'impossibilité pour les différents domaines de savoir *de faire en sorte que leurs préoccupations comptent aussi pour d'autres*. Se défier de la tolérance, ce n'est pas en appeler à rompre avec la possibilité d'un monde commun, au contraire c'est refuser cette manière de problématiser les enjeux de controverses interdisciplinaires dans des termes qui les neutralisent d'avance¹³⁰⁷.

Dès lors, comment ressaisir la guerre des sciences qui se rejoue dans le cadre de la notion d'Anthropocène ? Afin de déplacer les termes du débat, nous voudrions formuler un argument cosmopolitique au sens de Stengers, c'est-à-dire qui a trait à « une mise en coexistence des pratiques techniques disparates, correspondant à des entrecaptures distinctes, caractérisées par des contraintes logiques et syntactiques différentes »¹³⁰⁸ avec pour exigence de « reconnaître la complication » des autres¹³⁰⁹. C'est aussi une réflexion de type diplomatique au sens où elle s'inscrit dans un art diplomatique. Celui-ci n'a pas pour projet une paix universelle, mais peut seulement espérer une « paix possible », toujours locale¹³¹⁰. Plus précisément, cette paix repose non pas sur « la suppression des obstacles aux règles générales assurant une communication toute faite », mais se propose de rendre possible « l'invention d'articulations entre hétérogènes », qui ne préexistent pas à la situation. Elle ne demande pas non plus que tous aspirent à un même « salut du monde » offert par un cadre général que seul un ou une diplomate serait à même de définir¹³¹¹. L'art de la diplomatie repose sur un *pari*, à savoir que « les « parties » entre qui la guerre est logique » puissent pourtant décider de « donner une chance à la paix »¹³¹². Pour autant, il n'est pas question de convoquer un « nous »

¹³⁰⁶ Lewis et Maslin répondent à Hamilton en insistant sur les transformations disciplinaires en cours, mais optent finalement, il nous semble, pour le pluridisciplinaire. M. A. MASLIN et S. L. LEWIS, « Anthropocene », *op. cit.*

¹³⁰⁷ I. STENGERS, *Cosmopolitiques. 2, op. cit.*. Voir en particulier le dernier chapitre. Sur une critique de la tolérance, qui précède celle de Stengers, on peut consulter P. FEYERABEND, *Dialogues sur la connaissance*, B. Jurdant (trad.), Paris, Editions du Seuil, coll. « Science Ouverte », 1996

¹³⁰⁸ I. STENGERS, *Cosmopolitiques. 2, op. cit.*, p. 343

¹³⁰⁹ *Ibid.*, p. 335

¹³¹⁰ *Ibid.*, p. 370

¹³¹¹ I. STENGERS, *La Vierge et le neutrino : Les scientifiques dans la tourmente*, Paris, Empêcheurs de penser en rond, 2006, p. 249

¹³¹² *Ibid.*, p. 253

et de parler en son nom¹³¹³. Bien plutôt s'agit-il d'être attentif aux obligations des praticiens et praticiennes convoqués par la situation que nous examinons (la controverse sur le récit de l'Anthropocène). Ces derniers sont des obligés, par leur pratique et leurs objets, et non pas des porteurs d'une identité fixe et immuable conférée notamment par un discours disciplinaire. En effet, une obligation est toujours locale, relative à une situation ou une proposition donnée ; elle « n'identifie pas, car elle laisse ouverte la question de savoir comment elle doit être remplie ou ce qui la trahirait »¹³¹⁴. C'est précisément cet écart entre l'identité et l'obligation, avec le fait de ne pas juger par avance « là où les praticiens [et les praticiennes] hésitent »¹³¹⁵, qui rend possible une réflexion diplomatique telle que nous souhaitons formuler. Elle essaie de se rendre attentive à la possibilité de « s'adresser aux praticiens [et aux praticiennes] comme à [celles et] ceux pour qui il y a quelque chose de plus important » que « les raisons au nom desquelles les intérêts [définis abstraitement par rapport à leur pratique] doivent s'incliner »¹³¹⁶.

Pour ce faire, nous pouvons entendre les critiques du terme « Anthropocène » non pas comme des *fins de non-recevoir*, mais comme des *demandes épistémiques*, à savoir des énoncés consistant à proposer de faire importer ailleurs, dans un autre contexte énonciatif, ce à quoi un acteur tient et ce à quoi il estime ne pas pouvoir renoncer. Ainsi, par exemple, critiquer la notion d'Anthropocène à partir du problème de l'*anthropos*, peut apparaître comme un refus catégorique de consentir à une manière de connaître et de raconter l'événement géologique, ainsi qu'à la remise en cause de la légitimité à le faire. Les termes mêmes de la critique de Malm et Hornborg peuvent en effet suggérer cette conception polémique de la rivalité entre les domaines de savoir : « L'« Anthropocène » pourrait être un concept et un récit utile pour les ours polaires, les amphibiens et les oiseaux désirant savoir quelle espèce fait de tels ravages sur leurs habitats, mais hélas ils ne possèdent pas la capacité d'analyser et de s'opposer aux actions humaines. Quant au domaine humain, réfléchir à l'échelle de l'espèce au sujet du changement climatique véhicule de la mystification et de l'impuissance politique¹³¹⁷. » En ignorant les « origines historiques » du changement climatique, le récit naturaliste de l'Anthropocène se présente comme une « idéologie davantage par défaut que conçue comme telle » résultat de « la domination des sciences naturelles » sur les autres savoirs¹³¹⁸. Pour les auteurs, en passant de la nature à la nature humaine comme causalité de l'événement géologique, les scientifiques ne

¹³¹³ *Ibid.*, p. 250

¹³¹⁴ *Ibid.*, p. 68

¹³¹⁵ *Id.*

¹³¹⁶ *Ibid.*, p. 150-151

¹³¹⁷ A. MALM et A. HORNBOURG, « The geology of mankind? », avril 2014, *op. cit.*, p. 67

¹³¹⁸ *Id.*

font que naturaliser l'histoire humaine en faisant mine de ne pas le faire¹³¹⁹.

Mais quel sens recèlent ces critiques du point de vue des promoteurs du concept d'Anthropocène ? La critique ici présente s'adresse tout d'abord à une mise en récit qui renvoie bien davantage aux travaux des acteurs appartenant au champ des SST, et en particulier à celles de Crutzen, Steffen et McNeill qu'aux publications de l'AWG dont la teneur narrative est bien plus réduite¹³²⁰. Ainsi, une des premières étapes du travail diplomatique consiste à s'intéresser aux pratiques de celles et ceux à qui l'on s'adresse, afin de comprendre les problèmes qui les engagent. Ecrire un grand récit de l'Anthropocène ne relève pas du tout du même geste que d'interroger cette catégorie du point de vue de la nomenclature stratigraphique, ainsi la demande épistémique doit différer en conséquence. Faire importer une demande épistémique ne consiste pas seulement à prendre en compte l'énonciataire, mais à la formuler de telle manière à ce qu'elle puisse effectivement compter pour la pratique de celui-ci.

Première proposition : géologiser les demandes épistémiques

S'agissant des acteurs des SST, la manière de leur adresser une demande épistémique peut à notre sens s'élaborer à partir des savoirs socio-historiques eux-mêmes dans la mesure où le récit de l'Anthropocène s'est fabriqué à travers des milieux comprenant des historiens et historiennes, et plus largement des acteurs des sciences humaines et sociales, ainsi qu'avec le concours explicite de McNeill et Grinevald. A ce point précis, il nous semble que la demande de faire valoir d'autres catégories, et d'autres récits de l'Anthropocène, faisant importer par exemple l'histoire du capitalisme et du fait colonial, ou encore d'agencements multi-espèces, peut s'exercer à partir du cadre épistémique normal des sciences humaines et sociales. A ce propos, Steffen indique lui-même avoir intégré les critiques de la première moitié des années 2010 portant sur les inégalités de responsabilité dans la nouvelle version du récit de la « Grande Accélération » qu'il élabore avec ses collègues en 2015¹³²¹. Ainsi, la construction du concept d'Anthropocène pour les SST comporte – sans peut-être toujours l'assumer jusqu'au bout – une dimension historique et il semble de ce fait possible de faire importer des demandes

¹³¹⁹ *Ibid.*, p. 65

¹³²⁰ Un des points de critique principaux est notamment la mobilisation de la découverte du feu comme événement déterminant dans l'avènement de l'Anthropocène. Cet argument est moins univoque chez les acteurs des SST, mais participe bien à l'élaboration d'un grand récit problématique. Sur ce sujet, voir P. de JOUVANCOURT et C. BONNEUIL, « En finir avec l'épopée. Récit, géopouvoir et sujets de l'Anthropocène », *op. cit.*

¹³²¹ Tels sont explicitement ses propos dans l'entretien que nous avons mené avec lui. W. STEFFEN, « Entretien avec W. Steffen », *op. cit.*. Pour l'étude en question, voir W. STEFFEN *et al.*, « The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration », *The Anthropocene Review*, vol. 2, n° 1, 1^{er} avril 2015, p. 81-98. Cela ne signifie pas pour autant qu'une telle prise en compte soit nécessairement satisfaisante du point de vue des critiques.

épistémiques à partir de questions historiographiques. Les normes de construction des catégories dans le discours des SST n'impliquent pas de traductions importantes, par conséquent la diplomatie ne peut pas plus que la controverse normale ; ce qui ne signifie pas qu'un tel exercice soit aisé. En effet, le fait même que le récit de l'Anthropocène ait été coconstruit avec des historiens montre qu'une partie de la controverse sur l'*anthropos* et l'histoire politique de cet événement tient en partie à des différences au sein même des SHS.

En revanche, le problème se pose tout autrement s'agissant de la stratigraphie. En effet, dans la mesure où l'enjeu du dire géologique dépend de normes disciplinaires propres, il s'agit de se demander comment des catégories portées par les demandes épistémiques peuvent également faire sens dans des normes disciplinaires propres à la stratigraphie. Comment les catégories de capitalisme, d'écologie-monde, de colonialisme, d'échange inégal peuvent-elles faire sens géologiquement ou stratigraphiquement parlant ? Peut-on les signifier dans le cadre du problème de la détermination d'un signal géologique, de manière suffisamment convaincante ? Le problème diplomatique est à ce titre d'autant plus difficile que les géologues de l'AWG sont pris en étau entre les critiques provenant de l'extérieur et de l'intérieur de leur cadre disciplinaire, en partie pour des raisons opposées.

Nous envisageons deux possibilités. La première approche consisterait à traduire la demande épistémique dans les normes de la stratigraphie, ou de la géologie – étant entendu que ces normes diffèrent. Pour cela, il convient tout d'abord d'établir une distinction. A première vue, la proposition de Lewis et Maslin de définir une *Orbis spike* pourrait s'apparenter à une telle proposition. Ces derniers suggèrent en 2015 un marqueur primaire alternatif à ceux alors envisagés par l'AWG : une légère diminution de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère dont le minimum est atteint en 1610, affectant conséquemment le climat global. Cette diminution peut être attribuée au reboisement de l'Amérique du Sud, suite à l'effondrement de près de 90% de la population entraîné par l'arrivée des colonisateurs Européens après 1492. Cet événement a l'avantage de renvoyer à un moment crucial de l'histoire mondiale, la rencontre entre les deux mondes et l'échange colombien comprenant des migrations d'espèces d'une ampleur et d'une vitesse inédites dans l'histoire de la vie¹³²². Cette proposition est stimulante dans la mesure où elle permet d'attacher au pur signal de la concentration de CO₂ de riches significations culturelles, en particulier liée à l'histoire coloniale du monde et au rôle tragique qu'elle a joué dans l'avènement de l'événement géologique :

¹³²² S. L. LEWIS et M. A. MASLIN, « Defining the Anthropocene », *op. cit.* ; S. L. LEWIS et M. A. MASLIN, *The human planet*, *op. cit.*

L'*Orbis spike* implique que le colonialisme, le commerce mondial et l'usage du charbon provoqua l'Anthropocène. De manière générale, cela met en exergue des préoccupations sociales, en particulier les relations de pouvoir inégales entre différents groupes de personnes, la croissance économique, les conséquences des échanges commerciaux globalisés et notre dépendance contemporaine aux combustibles fossiles. Les effets encore en cours de l'arrivée des Européens aux Amériques souligne également que les actions humaines peuvent déclencher des processus difficiles à prévoir ou à gérer. Choisir le signal de la bombe raconte l'histoire d'un développement technologique mené par des élites menaçant de détruire la planète. [...] L'événement ou la date choisie comme commencement de l'Anthropocène affectera les histoires que les peuples élaborent au sujet de l'évolution en cours des sociétés humaines¹³²³.

Cependant, l'enjeu est plus profond car une telle proposition fonctionne encore sur la séparation du signe, entre pur signifiant (l'*Orbis spike*) et le signifié. Dans le cas de Lewis et Maslin, qui représente la tentative la plus importante de politiser la stratigraphie de l'Anthropocène, les significations historiques et culturelles ne sont pas comprises en tant que telles *dans* la définition : elles dépendent seulement du pouvoir évocateur d'une telle date, extérieur à la définition géologique en tant que telle. Ces significations sont ainsi véhiculées dans un régime d'énonciation *symbolique*. Or nous pourrions nous demander à quelles conditions les processus historiques et sociaux pourraient être en quelque sorte *codés géologiquement, afin de produire un énoncé géologique qui soit capable de prendre en charge des demandes épistémiques portant sur ces processus*. Si nous considérons le signal climatique global, il paraît presque impossible d'effectuer un tel encodage dans la mesure où, du fait même des conditions d'enregistrement des concentrations de gaz à effet de serre ou des isotopes ¹⁸O – proxy de la température globale le plus courant. En effet, c'est par un processus de mélange atmosphérique et de dépôt dans les couches de glace que s'effectue un tel enregistrement, effaçant ainsi la mémoire de la localité de ces changements, localité nécessaire à la cartographie des processus sociaux à travers l'histoire.

En négatif, nous disposons peut-être ici d'une clé importante. En effet, nous devons nous intéresser à la manière dont les enregistrements géologiques laissent ouverte la possibilité de localiser les processus sociaux dans le temps et dans l'espace. De quelle manière ces processus laissent-ils des traces dans les enregistrements de la Terre ? Si par exemple la demande épistémique consiste à faire valoir le capitalisme comme phénomène à l'origine de l'Anthropocène, quelles seraient les traces géologiquement significatives du processus d'accumulation qui, précisément, en définit la dynamique centrale¹³²⁴ ? Il est frappant de

¹³²³ S. L. LEWIS et M. A. MASLIN, « Defining the Anthropocene », *op. cit.*, p. 177-178

¹³²⁴ K. MARX, *Le Capital*, J.-P. Lefebvre (trad.), Paris, Editions sociales, 2016, vol. 1, p. 549-748

souligner que les promoteurs d'une stratigraphie de l'Anthropocène ont eux-mêmes pensé une telle (im)possibilité tout en reconnaissant le caractère central de la dynamique de la valeur économique dans l'Anthropocène :

Deux facteurs économiques (le PIB réel et l'Investissement direct à l'étranger) ne sont en aucune façon enregistrables stratigraphiquement (sauf sous la forme de la préservation sporadique de pièces de monnaie, ce qui n'offrirait guère d'information significative sur des tendances mais possède une importance géologique en tant que technofossile incluant une date de fabrication), pas plus qu'elles n'ont d'analogie convainquant dans les communautés animales précédentes celles des humains culturellement modernes. La monnaie est à la fois un facteur, un amplificateur et un modulateur clairement et immensément révélateur du processus géologique contemporain et mérite d'être étudié sous cet angle. Mais son activité – en particulier maintenant que la plus grande partie de la finance est « virtuelle » et créée et échangée de manière numérique – ne laissera pas des traces stratigraphiques directes¹³²⁵.

Si nous ne connaissons pas de traceur géologique pouvant rendre compte de la distribution historique de la monnaie, et plus fondamentalement de la valeur, nous pouvons cependant esquisser quelques pistes plus générales. Tout d'abord, le traçage isotopique des éléments permet dans certaines situations de re-localiser le global. L'effet Suess constitue un premier exemple : il s'agit du changement des concentrations atmosphériques des isotopes ¹³C et ¹⁴C dû à la combustion d'énergies fossiles. Par rapport à la globalité de la mesure de CO₂ atmosphérique, les isotopes permettent de relocaliser, en fragmentant les origines différenciées du CO₂¹³²⁶. Mais cet indicateur reste encore à un niveau de globalité trop élevé. En déterminant finement les proportions isotopiques propres à des milieux précis, le traçage isotopique permet aussi de saisir l'origine géographique de nombreuses matières animées ou inanimées, allant de l'uranium aux grains de riz, en passant par les pollutions dues aux activités minières, au miel, aux flux migratoires des animaux¹³²⁷. Technique largement utilisée également dans le domaine

Septième section

¹³²⁵ J. ZALASIEWICZ *et al.*, « Petrifying Earth Process », *op. cit.*, p. 12-13

¹³²⁶ Les plantes fixent en effet une moindre proportion de ¹³C que celle présente dans le CO₂ atmosphérique. En brûlant des combustibles issus de la fossilisation des végétaux, on émet ainsi un surcroît de ¹³C qui peut être mesuré et signe ainsi l'origine de l'excédent de CO₂ atmosphérique global. R. F. KEELING *et al.*, « Atmospheric Evidence for a Global Secular Increase in Carbon Isotopic Discrimination of Land Photosynthesis », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114, n° 39, 26 septembre 2017, p. 10361-10366

¹³²⁷ M. B. WUNDER, « Determining Geographic Patterns of Migration and Dispersal Using Stable Isotopes in Keratins », *Journal of Mammalogy*, vol. 93, n° 2, 30 avril 2012, p. 360-367 ; B. LEMIERRE et P. NÉGREL, « O, H and Sr Isotopes Tracing the Migration Distance of Mining, Ore Processing and Metallurgical Activities End-products in a River Basin (Subarnarekha River, India) », *Procedia Earth and Planetary Science*, vol. 13, 2015, p. 223-226 ; X. ZHOU *et al.*, « Authenticity and Geographic Origin of Global Honeys Determined Using Carbon Isotope Ratios and Trace Elements », *Scientific Reports*, vol. 8, n° 1, décembre 2018, p. 14639 ; T. L. SPANO *et al.*, « Trace Element and U Isotope Analysis of Uraninite and Ore Concentrate: Applications for Nuclear Forensic Investigations », *Applied Geochemistry*, vol. 84, 1^{er} septembre 2017, p. 277-285 ; J. WANG *et al.*,

de la police scientifique, mais aussi dans les sciences de la Terre et dans la médecine, le traçage isotopique pourrait-il nous fournir une clé de codage géologique de demandes épistémiques ? Si nous ne pouvons répondre ici à une telle question, une telle technique paraît intéressante dans la mesure où elle permet de singulariser matériellement des données globales, révélant ainsi des agentivités plus précises. Si politiser c'est décrire des agentivités de manière conforme à leur puissance d'agir par rapport à un problème donné (par exemple, décrire plutôt le rôle de certains pays que celui de l'humanité tout entière par rapport au problème du changement climatique), alors peut-être avons-nous là une piste de politisation diplomatique intéressante.

Notons également que les infrastructures peuvent être tenues pour des enregistrements géologiquement pertinents. Par exemple, Williams et ses collègues ont montré que les réseaux de métropolitains souterrains pouvaient constituer des proxys géologiques de l'accroissement de la population urbaine et de la consommation d'énergie galopante. D'une distribution presque mondiale, de tels réseaux peuvent constituer des « marqueurs durables » pour l'Anthropocène. Ces derniers sont en outre associés à certains types de matériaux spécifiquement liés à l'activité humaine (plastiques, béton, acier) et apparaîtraient instantanés pour les géologues d'un futur lointain qui les verraient comme des habitats d'origine biologique ayant nécessité d'immenses sources d'énergie en des lieux spécifiques, quoiqu'identifiables, tout autour du globe¹³²⁸. Corrélé aux autres marqueurs, un tel lien pourra mettre en valeur leur coïncidence avec une concentration de l'habitat et une mobilisation de matière sans précédent dans l'histoire de la vie.

Seconde proposition : ouvrir les archives du futur

La seconde approche consiste en quelque sorte à inverser les termes du problème, à demander à l'ichtyosaure de reconsidérer *ce qui constitue pour lui un document* et, plus profondément, de modifier son rapport à l'actualité – et non pas nécessairement au futur. Nous avons vu en quoi s'astreindre à penser depuis un futur *géologiquement inactuel* est nécessaire pour les historiens de la Terre afin de choisir les bons mandataires du temps et de mesurer l'importance d'un événement géologique. En revanche, penser depuis ce futur suppose de tenir compte de l'impermanence des choses aux échelles de temps géologiques, notamment à cause

« Tracing the Geographical Origin of Rice by Stable Isotopic Analyses Combined with Chemometrics », *Food Chemistry*, vol. 313, mai 2020, p. 126093

¹³²⁸ M. WILLIAMS *et al.*, « Underground Metro Systems: a Durable Geological Proxy of Rapid Urban Population Growth and Energy Consumption During the Anthropocene », dans C. Benjamin, E. Quaedackers et D. Baker (éd.), *The Routledge Companion to Big History*, New York, Routledge, 2019, p. 434-455

des multiples phénomènes d'érosion : la grande majorité des fabrications humaines ne résisteront pas plus que quelques millénaires¹³²⁹. C'est parce que le métro est construit *sous* le sol qu'il peut être conservé. Donc ce qui doit témoigner dans un futur géologiquement inactuel doit se révéler particulièrement stable, insensible à ce processus inexorable de destruction de la mémoire de la Terre, pendant symétrique à celui d'enregistrement. Même la présence humaine est supposée absente dans le futur géologique, c'est pourquoi c'est bien un géologue *ichtyosaure* qui regarde l'actuel géologique de l'Anthropocène, depuis ce lointain futur. Or, ce présupposé signifie également la perte de la mémoire humaine, et donc de tout récit et de tout enregistrement de l'expérience humaine fondée sur l'écriture ou l'oralité. Ce futur géologiquement inactuel est une *tabula rasa* narrative, qui traduit cette exigence que l'ichtyosaure doit pouvoir reconstruire l'histoire de la Terre comme le feraient les géologues aujourd'hui.

Néanmoins, c'est peut-être à cet endroit qu'il existe un enjeu de taille dans la mesure où l'ichtyosaure identifie l'inactuel géologique avec l'absence de traces de la mémoire humaine. C'est en effet cette connexion-là qui complique sérieusement la fabrication de tout récit géologique de l'Anthropocène comprenant des degrés d'agentivité plus fins que la seule catégorie d'« *espèce humaine* ». Or, si cette impossibilité a tenu s'agissant de l'histoire de la Terre moderne, elle nous semble mise en difficulté avec le concept d'Anthropocène, et surtout avec la manière de dire l'actualité à laquelle il se rapporte. Afin d'illustrer cette difficulté, nous pouvons par exemple mentionner cette conclusion au sujet de l'enregistrement des réseaux de métropolitain : « du point de vue d'un futur géologique très lointain [i.e. le point de vue de l'ichtyosaure], leur étendue apparaîtra effectivement instantanée et formeront un marqueur géologique significatif de la transition d'*Homo sapiens* d'une espèce principalement rurale à une espèce urbaine au vingtième siècle [...]»¹³³⁰. » Nous sommes ici projetés du point de vue de l'ichtyosaure, mais un élément au moins présente une dissonance : comment cet ichtyosaure peut-il se représenter la ruralité ou l'urbanité, dans la mesure où les traces d'habitat rural auront alors sans doute disparu¹³³¹ ? Ne pourra-t-il pas seulement constater l'événement de ces perturbations stratigraphiques d'origine humaine que sont les réseaux de transport souterrains ? Ne les identifiera-t-il pas comme des *habitats* plutôt que comme un signe de changement de

¹³²⁹ J. ZALASIEWICZ, *The Earth after us*, *op. cit.*

¹³³⁰ M. WILLIAMS *et al.*, « Underground Metro Systems: a Durable Geological Proxy of Rapid Urban Population Growth and Energy Consumption During the Anthropocene », *op. cit.*, p. 451

¹³³¹ Ce qui pose plus généralement la question de la place de l'Etat et de certaines façons d'habiter dans le récit qui est fait de l'événement de l'Etat et des infrastructures moins sujettes à l'érosion que celles des peuples peu ou pas sédentaires, ou ayant fondé leur mode de vie sur des habitats légers. Nous remercions à ce sujet la remarque d'Enno Devillers-Peña, fondée sur la lecture de J. C. SCOTT, *Homo domesticus*, *op. cit.*

mode d'habiter ? Comment les associera-t-il à *Homo sapiens*, sachant qu'aucun humain n'est enterré en ces lieux ?

Ces questions pointent vers les limites de la spéculation temporelle à laquelle s'adonnent les géologues lorsqu'il s'agit de respecter les exigences de leur discipline, tout en faisant une géologie de l'actuel auquel ils appartiennent eux-mêmes. Dans la mesure où les histoires de géologues ne sont pas faites pour les ichtyosaures, éteints il y a longtemps, mais bien pour leurs congénères, et qu'elles ne prennent sens qu'au sein de cette communauté, n'y-a-t-il pas lieu d'interroger ce personnage disciplinaire ? Seul l'événement « Anthropocène » peut interroger de la sorte, c'est-à-dire dans la pratique même de cette science, les normes de la géologie. Pourquoi ne pas supposer que l'écriture des histoires de la Terre ne prend sens que dans un futur très lointain, géologiquement inactuel, mais où la possibilité de les penser, les écrire, les raconter, reste conservée ? A ce moment, l'ichtyosaure n'a plus de *tabula rasa* mais dispose toujours déjà d'une réserve documentaire d'origine humaine permettant de dire l'événement géologique.

Il y aurait ainsi une sorte de retour inattendu aux origines de la géologie moderne, au temps où les chronologies de la Terre étaient construites en partie d'après des sources textuelles, mais dans un tout autre sens. D'un côté, l'exigence d'un signal global peut être conservée, mais, d'un autre côté, étant donné qu'il n'a plus à se suffire à lui-même dans sa fonction de signal pur, il peut être articulé à des agentivités intraspécifiques à *homo sapiens*, grâce à l'intégration des documents humains. Nous pouvons indiquer ici un exemple à titre spéculatif. Plutôt que de reprendre les données d'émission de gaz à effet de serre global traditionnellement centrées sur les Etats, Heede et ses collègues se sont intéressés aux émissions historiques de 90 entreprises productrices d'énergie fossile et de ciment entre 1854 et 2010, pour montrer que ces agentivités représentent plus de 60% des émissions de CO₂ et de CH₄ sur la période allant de 1750 et 2010¹³³². Dans la suite de cette étude, d'autres travaux ont montré que ces émissions ont contribué à presque la moitié de l'augmentation de la température de surface terrestre, et à presque un tiers de l'augmentation du niveau des océans durant cette même période¹³³³. Ce qui est intéressant, dans ce cas, ce n'est pas tant la présence d'une histoire provenant d'historiens ou d'historiennes de métier, c'est plutôt la caractérisation d'agentivités climatiques pertinentes du point de vue de demandes épistémiques adressées à la géo-histoire de l'Anthropocène. En

¹³³² R. HEEDE, « Tracing Anthropogenic Carbon Dioxide and Methane Emissions to Fossil Fuel and Cement Producers, 1854–2010 », *Climatic Change*, vol. 122, n° 1-2, janvier 2014, p. 229-241

¹³³³ B. EKURZEL *et al.*, « The Rise in Global Atmospheric CO₂, Surface Temperature, and Sea Level from Emissions Traced to Major Carbon Producers », *Climatic Change*, vol. 144, n° 4, 1^{er} octobre 2017, p. 579-590

effet, certains acteurs de la vie économique peuvent apparaître comme des agents climatiques en fonction de la manière dont on peut les cartographier, dans des termes qui sont géologiquement intelligibles, à la seule condition théorique de conférer du crédit aux documents dont l'existence lointaine n'est pas garantie *par les processus géologiques seuls*.

Ce dernier point est essentiel, et permet d'éclairer en quoi une telle proposition spéculative est aussi politique. Comme nous l'avons vu, l'enjeu pour le dire géologique est de conserver un pouvoir de dire depuis un futur géologiquement inactuel. Or, un *a priori* de la géologie, qui semble à première vue tout à fait fondé, serait que depuis un tel futur, il est nécessaire de faire comme s'il n'existait plus de documents humains. Cette question est cruciale car nous voudrions remettre en question l'idée selon laquelle la raison géologique exigerait que les seules traces légitimes soient le fruit d'un enregistrement purement chthonien, relatif à la matérialité d'un sol. Pour nous en convaincre, nous voudrions recourir à une expérience de pensée. Pour les besoins de cette expérience, imaginons un artefact incorruptible en orbite autour de la Terre, comme un satellite d'origine extra-humaine dont nous pourrions cependant décrypter les informations. Concevons que cet artefact ait par exemple enregistré la distribution des continents depuis la naissance de la planète. La question qui est ici suggérée est la suivante : est-ce que les géologues s'en dispenseraient au prétexte que cela ne soit pas enregistré dans la roche ? Imaginons maintenant que nous fabriquions un tel artefact incorruptible et qu'il soit en mesure d'enregistrer parfaitement toutes les actions humaines, rendant disponibles de telles informations dans un futur géologiquement inactuel – des millions d'années par exemple. De même, quel serait le statut de ce genre d'enregistrement pour l'ichtyosaure du futur ? Ne sauterait-il pas sur l'occasion pour éclaircir cette étrange époque que nous nommons aujourd'hui « Anthropocène » ? Ne serait-il pas mieux en mesure de déterminer les causes précises de cet événement, et, surtout, attribuerait-il la responsabilité à *Homo sapiens*, ou produirait-il un tout autre récit des événements géologiques à partir d'agentivités plus restreintes et, au fond peut-être, *plus exactes* ?

Il nous faut ajouter un autre argument essentiel. Si nous répondons favorablement à la seconde alternative, alors nous *répondons également favorablement au cas où la clause d'exhaustivité et d'incorruptibilité n'est pas maintenue*. En effet, ces clauses ne sont guère exigées des archives de la Terre¹³³⁴, pourquoi le seraient-elles d'archives humaines ? En

¹³³⁴ Citons ce passage écrit par les acteurs de l'AWG révélateur à plus d'un titre : « L'enregistrement de l'histoire est, nous le savons, incomplète. Beaucoup d'événements ont eu lieu sur cette planète et n'ont laissé aucune trace de leur passage. Beaucoup mais pas tous les événements, car les traces des événements qui subsistent sont aujourd'hui le fondement de la stratigraphie, la reconstruction de l'histoire de la Terre à partir des strates. Depuis que les humains ont intenté l'écriture et le dessin, le périmètre de l'enregistrement s'est accru à mesure

revanche, considérer la possibilité d'inclure les documents humains dans la fabrication des récits géologiques, c'est également supposer qu'une partie au moins des traces humaines, des documents qui la constituent, puisse être effectivement consignée et transmise – et donc que les fondements matériels de cette possibilité soient maintenus. De plus, cela signifie politiquement que la conservation de ces documents devient un enjeu pour les récits de l'actualité, à partir du présent et du futur lointain. Idéalement, en reconnaissant *et faisant activement en sorte* que la mémoire consignée et transmise soit au moins aussi durable que les roches, les bonnes archives se trouveront non seulement dans les sols, mais pourront également relever du textuel, compris comme enregistrement de l'expérience humaine et non-humaine, dont l'analyse ou la construction peuvent tout aussi bien produire de l'objectivité. Une telle modification des normes de la géologie aurait le pouvoir de bouleverser le sens de l'événement « Anthropocène » en ouvrant large les possibilités d'une diplomatie – si toutefois ce terme débattu, après l'examen des archives générales, est à conserver¹³³⁵.

Le géopouvoir et l'actualité

*Thinking something is coming
The sky's an unusual colour
The weather is doing unusual things
And our leaders aren't even pretending not to be demons*¹³³⁶

— Kate Tempest, 2019

que les archives historiques, qui concernaient principalement les vies de nos ancêtres, ont gagné en extension. Au cours des dernières décennies, l'échelle de ce type d'enregistrement a énormément grandi et s'est prodigieusement élargi avec la capture de nombreux aspects de nos vies par les centres de stockage de données électroniques naissants. Sur la même période, nos enregistreurs électroniques ont regardé au-delà de nos vies bondées pour inspecter la planète elle-même. Dans des milliers d'endroits, la température, le pH, la vitesse du vent, la composition chimique de l'océan, la hauteur des vagues, le volume des glaces, l'activité du sol et bien plus encore d'indicateurs de l'environnement planétaire sont continuellement enregistrés par des capteurs et des satellites. » J. ZALASIEWICZ *et al.*, « Petrifying Earth Process », *op. cit.*, p. 2

¹³³⁵ Cette proposition est similaire à celle développée par certains scientifiques, proposant même une institution capable d'articuler sciences de la Terre et sciences humaines et sociales dans une « Commission Internationale de l'Anthropocène ». « Comprendre les « systèmes humains » exige la prise en compte d'un vaste ensemble de disciplines se fondant sur une large collection d'enregistrements (y compris de nature archéologique, historique, et paléontologique) et de perspectives (écologie politique, économie politique, écologie historique, évolution culturelle et éthique environnementale, par exemple). » E. ELLIS *et al.*, « Involve Social Scientists in Defining the Anthropocene », *Nature*, vol. 540, n° 7632, 7 décembre 2016, p. 192-193

¹³³⁶ K. TEMPEST, « Three Sided Coin », *The Book of Traps and Lessons*, Republic Records, 2019

Le géopouvoir comme cadre de recherche

Si la question du géopouvoir telle que nous l'avons introduite dans la seconde partie est restée seulement en arrière-plan, comment l'entendre dans son lien au dire anthropocénique ? Tout d'abord, si la géo-politique constitue le jeu des savoirs-pouvoirs explicitant les règles selon lesquelles la Terre est définie comme objet de gestion ou d'intervention, le géopouvoir renvoie à l'exercice d'une capacité à orienter des conduites humaines et non humaines, à travers des agencements permettant de rendre effective une telle géo-politique¹³³⁷. Ces agencements ne relèvent pas de certaines formes institutionnelles en particulier mais bien de l'hétérogénéité des agentivités qui y sont impliquées. Cet ensemble peut regrouper à la fois les instances mondiales de prise en charge des questions environnementales, telles que la Convention cadre des Nations unies sur le changement climatique ou le Programme des Nations Unies pour l'environnement, mais également les Etats, pris dans de jeu de la géopolitique traditionnelles, les grandes multinationales à tous les niveaux des chaînes de valeurs, les Organisations gouvernementales ou non-gouvernementales, les fondations, etc. Ce qui compte, c'est de saisir non pas la verticalité d'un pouvoir, incarné depuis une instance centrale en constitution, mais le pouvoir qui s'exerce déjà distributivement à partir du réseau des formes institutionnelles comportant verticalité, horizontalité et transversalité.

Luisetti a notamment proposé une caractérisation du géopouvoir comme insertion de « la vie de l'*homo oeconomicus* dans la terre, les mers et l'air, combinant la régulation des populations humaines à l'écologie systémique et aux sciences de la Terre »¹³³⁸. Pour Luisetti, le géopouvoir s'intéresse principalement à l'habitabilité planétaire, entendu au sens très large de ce qui est rendu nécessaire à l'existence matérielle telle qu'elle est concrètement donnée dans l'histoire, comprenant la fabrication des sols, la production de nourriture, l'extraction minière, la séquestration du carbone, la gestion des déchets ou encore l'écotourisme¹³³⁹. Si articuler la notion de géopouvoir au régime économique, et notamment à l'existence du sujet pris dans ce régime, nous semble pertinent, nous voudrions en donner ici une caractérisation plus restrictive. En effet, pour Luisetti, il y a géopouvoir dès lors qu'il est indifféremment question de terre ou de Terre : c'est-à-dire dès lors qu'il est question de ce qui peut se rapporter soit à la subsistance économique, à la gestion des milieux de vie et à l'habitabilité planétaire au sens des conditions de possibilités globales de l'existence matérielle telle qu'elle est

¹³³⁷ M. FOUCAULT, *Histoire de la sexualité, tome 1, op. cit.*, p. 182

¹³³⁸ F. LUISETTI, « Geopower: On the States of Nature of Late Capitalism », *European Journal of Social Theory*, vol. 22, n° 3, 1^{er} août 2019, p. 351

¹³³⁹ *Id.*

historiquement définie. Or, l'invention du géopouvoir contemporain relève d'une catégorie plus limitée, qui naît de problèmes formulés politiquement à même l'invention de l'environnement global au cours du XXe siècle¹³⁴⁰. Ainsi, contrairement à Luisetti pour qui l'acte de naissance du géopouvoir se trouve dans la Conférence des Nations unies sur l'environnement humain de 1972¹³⁴¹, nous le voyons plutôt commencer conjointement à la naissance du dispositif de géo-savoir dès les débuts de la Guerre froide – étant entendu que cette naissance n'est peut-être pas achevée dans la mesure où le géopouvoir ne nous apparaît pas encore aussi *naturel* que le sont les dispositifs de la bio-politique.

Si une certaine unité du géopouvoir est malgré tout conservée, elle se trouve dans la manière dont sont majoritairement orientés et exercés les rapports collectifs à la Terre, comme objet de savoir élaboré durant cette période. C'est pourquoi il nous semble qu'à ce niveau, les mécanismes REDD par lesquels des surfaces forestières sont intégrées dans un marché global du carbone, les politiques de compensation écologique, les projets de géo-ingénierie, les *carbon cards*, les réseaux énergétiques dits « intelligents », etc. participent à l'exercice d'un géopouvoir dans la mesure où ces appareillages politiques, techniques et institutionnels *répondent à la problématique de la géo-politique comme souci fondamental de faire de certaines composantes globales réputées nécessaires à la vie sur Terre un objet de gouvernement ou de maîtrise directe ou indirecte, en vue de garantir ou de maintenir une habitabilité planétaire*¹³⁴². En retour, l'habitabilité planétaire renvoie à un double ensemble. D'une part des conceptions éthique, politique et économique de ce que signifie habiter la Terre, conceptions historiquement analysables et dépendantes de rapports humains et extra-humains. Et d'autre part, une norme de l'habitabilité élaborée et rendue disponible à la politique par certains savoirs, notamment les sciences du « système Terre », comme nous l'avons analysé dans cette thèse.

Foucault n'a pas cherché à délimiter et figer le concept de biopouvoir ; de même, se

¹³⁴⁰ Nous sommes sur ce point en accord avec la caractérisation donnée par Bonneuil et Fressoz : « Après la vie, c'est la Terre tout entière (de la lithosphère à la stratosphère) qui devient simultanément objet de savoir (géo-savoir) et de gouvernement (géopouvoir). » Néanmoins leur approche est plus verticale que l'angle qui est ici proposé dans la mesure où le géopouvoir instaure pour eux : « [...] la Terre comme un « système » à connaître et à gouverner dans son intégralité, dans toutes ses composantes et toutes ses fonctions. » Au niveau généalogique, le diagnostic est le même « Certes, au XIXe siècle se développait une « écologie impériale », mais c'est bien après la Seconde Guerre mondiale, avec l'arme atomique, avec de nouvelles institutions internationales, et, surtout, avec une Guerre froide concevant le globe entier comme théâtre d'une guerre imminente, que naît un nouveau savoir-pouvoir du globe entier, des fonds sous-marins à la Lune. » C. BONNEUIL et J.-B. FRESSOZ, *L'événement anthropocène*, *op. cit.*, p. 105-111

¹³⁴¹ F. LUISETTI, « Geopower: On the States of Nature of Late Capitalism », *op. cit.*, p. 350

¹³⁴² La Terre dont il s'agit n'est jamais un objet originel, antérieur à toute saisie humaine, mais le résultat d'un processus d'objectivation constitué dans le dispositif de géo-savoir.

pencher sur le géopouvoir, ce n'est pas entrer dans l'arène afin de délimiter et s'appropriier un concept – ce n'est pas une « prise de concept » –, mais une manière d'aborder un champ comprenant des enquêtes épistémiquement plurielles afin de mettre au jour et de penser les multiples articulations entre la politique, le pouvoir et la Terre. De nombreux travaux participent déjà implicitement ou explicitement à penser ou à décrire la géo-politique ou le géopouvoir¹³⁴³. Comme manière de problématiser une enquête, le concept de géopouvoir possède ce mérite minimal de dénaturiser des catégories comme celles d'habitabilité planétaire, de changement global, de limites planétaires, d'Anthropocène et même de changement climatique ou de Terre. Cette dénaturalisation est possible y compris parce que penser le géopouvoir présuppose qu'il a existé sous plusieurs formes à travers l'histoire de la modernité. Comme le rappelle Christophe Bonneuil, ces formes s'articulent avec des écologies-mondes et des réflexivités environnementales pour former ce qu'il nomme des « régimes de planéarité »¹³⁴⁴.

Par conséquent, le concept de géopouvoir permet de reproblématiser l'actualité en prenant au sérieux la pluralité historique des rapports de pouvoirs et de savoirs impliquant des enjeux globaux, tout en marquant une certaine distance par rapport aux effets de révélation et d'attente normative face aux différentes mesures et solutions géo-écologiques qui se présentent à nous aujourd'hui. Il s'agit de comprendre ce qui se trame effectivement autour de la globalité environnementale après la Seconde Guerre mondiale autrement que sur le mode de la révélation d'une urgence – autrement que sur le mode d'une conscience qui dévoile le caractère véridique de son actualité et qui tendrait vers la résolution d'un problème qu'elle y décèle. Or le récit de la réflexivité environnementale tardive identifie la question de la description de l'émergence de cette globalité avec celle de savoir en quoi nous avançons bon an mal an vers la prise en charge des attentes normatives afférentes à cette globalité¹³⁴⁵.

¹³⁴³ Si nous ne faisons pas uniquement référence aux travaux en appelant explicitement et stricto sensu au « géopouvoir », rappelons ici que ce terme n'est pas nouveau et a été proposé dès les années 1990 puis retravaillé jusqu'aujourd'hui, même s'il n'est pas très répandu dans la littérature. Voir les contributions principales : T. W. LUKE, « On Environmentality », *op. cit.* ; T. LUKE, « Developing Planetarian Accountancy: Fabricating Nature as Stock, Service, and System for Green Governmentality », dans H. F. Dahms (éd.), *Nature, Knowledge, and Negation*, Bingley, Emerald, 2009, p. 129-160 ; T. LUKE, « Environmental Governmentality », dans T. Gabrielson *et al.* (éd.), *Environmental Governmentality*, Oxford, Oxford University Press, 2016 ; *Id.* ; S. CLARE, « Geopower: The Politics of Life and Land in Frantz Fanon's Writing », *Diacritics*, vol. 41, n° 4, 2013, p. 60-80 ; K. YUSOFF *et al.*, « Geopower: A Panel on Elizabeth Grosz's Chaos, Territory, Art: Deleuze and the Framing of the Earth », *Environment and Planning D: Society and Space*, vol. 30, n° 6, 1^{er} décembre 2012, p. 971-988 ; E. GROSZ, K. YUSOFF et N. CLARK, « An Interview with Elizabeth Grosz: Geopower, Inhumanism and the Biopolitical », *Theory, Culture & Society*, vol. 34, n° 2-3, 1^{er} mai 2017, p. 129-146

¹³⁴⁴ C. BONNEUIL, « Der Historiker und der Planet. Planetaritätsregimes an der Schnittstelle von Welt-Ökologien, ökologischen Reflexivitäten und Geo-Mächten », *op. cit.*

¹³⁴⁵ Voir la section « Le problème de la réflexivité environnementale », dans l'introduction générale, pour la caractérisation du récit néo-réflexiviste.

Dans la désinhibition

La notion de géopouvoir, en s'insérant dans l'histoire longue des réflexivités planétaires tout en prenant au sérieux la positivité du contemporain, permet ainsi de désactiver cette identification. Toutefois, elle pose en retour le problème de comprendre pourquoi la réflexivité des modernes ne s'est pas accompagnée d'une régulation normative, mais au contraire d'un débordement des normes sur lesquelles porte la réflexivité. Pour répondre au problème de l'existence historique de la réflexivité environnementale, Fressoz a proposé la notion de « désinhibition ». Ce n'est pas par inadvertance, mais bel et bien « en produisant de manière calculée, sur chaque point stratégique et conflictuel de la modernité, de l'ignorance et/ou de la connaissance désinhibitrice »¹³⁴⁶ que l'industrialisation s'est effectuée. Il y aurait alors à inverser la lecture commune de l'histoire de la modernité industrielle en « production scientifique et politique d'une inconscience généralisée », qui aurait non pas simplement et comme *ex-nihilo* fait proliférer une multitude d'attachements, d'imbroglios d'êtres bigarrés, mais mené une politique sauvage et massive de dés-attachement et de ré-attachement. En ce sens, les « désinhibitions » sont pour Fressoz :

[...] tous les dispositifs rendant possible acceptable et même désirable la transformation technique des corps, des environnements, des modes de production et des formes de vie. Pour qu'une innovation de quelque importance s'impose, il faut en effet circonvenir des réticences morales, des oppositions sociales, des intérêts froissés, des anticipations suspicieuses et des critiques portant sur ses conséquences réelles. [...] Le mot de désinhibition condense les deux temps du passage à l'acte : celui de la réflexivité et celui du passer-outre, celui de la prise en compte du danger et celui de la normalisation¹³⁴⁷.

Exempté de ses consonances psychologiques, voire psychanalytiques, qui peuvent difficilement se rapporter aux processus sociaux, le concept de désinhibition permet de renverser le récit de la réflexivité tardive, et ainsi de se donner les moyens de saisir un enjeu majeur du géopouvoir. En effet, la question qui nous est posée n'est plus « comment la vérité sur notre époque s'est-elle révélée à nous ? » ni « pourquoi les choses sues ne trouvent-elles pas encore de traduction politique satisfaisante ? ». Elle n'est certainement plus de savoir « pourquoi nous ne croyons pas ce que nous savons » – étant entendu dans ce cadre que de la croyance surgirait l'action¹³⁴⁸. Le récit néo-réflexiviste de la modernité politique et de son

¹³⁴⁶ J.-B. FRESSOZ, « Eugène Huzar et la genèse de la société du risque », *op. cit.*, p. 33

¹³⁴⁷ J.-B. FRESSOZ, *L'Apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique*, *op. cit.*, p. 15-16

¹³⁴⁸ Cette manière de problématiser l'inaction climatique a été formulé par Jean-Pierre Dupuy, sans jamais, à notre connaissance, interroger ce lien entre le croire et le savoir. Voir

monde productif consiste à lire la politique moderne comme une suite de boucles de rétroaction négative, plus ou moins tâtonnantes, dans laquelle l'explicitation scientifiquement et politiquement adéquate des maux de la société industrielle touchant au travail ou à la nature provoque, de manière hésitante et toujours inattendue, leur régulation sous la forme de compromis à reprendre inlassablement. De ce point de vue, les situations de pollutions volontaires et d'exploitation éhontée des individus, apparaissent comme archaïques, relevant d'un passé scandaleux qui peut néanmoins ressurgir ci et là de façon minoritaire. Dès lors, l'enjeu de la pensée actuelle serait en quelque sorte de reproduire au sujet des enjeux environnementaux contemporains le geste conceptuel que le mouvement socialiste a opéré à partir du XIXe siècle, dont le rôle historique aurait consisté à expliciter les conséquences sociales négatives du capitalisme afin d'en rendre possible la prise en charge par la société des égaux et non plus par les seuls individus anomiques¹³⁴⁹.

Or ce que nous invite à penser le concept de désinhibition et surtout la lecture de l'histoire qui le sous-tend, c'est que ces boucles peuvent aussi se révéler *positives*, c'est-à-dire que les processus d'explicitation peuvent engendrer, ou s'accompagner, non pas de processus de régulation mais de tendance aux dépassements des limites explicitées. On peut en trouver un analogue dans l'histoire longue du risque et des pollutions. En offrant une synthèse historique sur l'histoire de la gestion des pollutions, Boudia et Jas décèlent trois séquences dans le style de régulation face à ces dernières : gouvernement par la norme, par le risque, et enfin par l'adaptation – qui représentent trois stades, s'accumulant au cours du temps, d'incorporation toujours plus profonde du dommage pour les individus, dommage lui-même toujours plus ample dans le temps et l'espace. L'appel à apprendre à vivre avec la catastrophe, la gestion des conduites dans cette optique, est le fait de sociétés pourtant bien plus instrumentées pour mesurer les pollutions, et en offrir des moyens de détection fine. Par conséquent, le trait continu de l'ère industrielle est double : d'une part un intérêt social pour connaître ces conséquences et ces pollutions, donnant lieu à la naissance de normes, de procédures et d'institutions capables d'une telle connaissance – il s'agit des « boucles » pragmatiques centrales chez Latour dans *Face à Gaïa*¹³⁵⁰ – ; d'autre part, et de manière contemporaine, le constat implacable sur le temps long de la croissance du nombre de polluants ou de substances dont *on ne se donne pas même*

¹³⁴⁹ Tel est le projet intellectuel de Pierre Charbonnier dans P. CHARBONNIER, *Abondance et liberté : Une histoire environnementale des idées politiques*, Paris, La Découverte, 2020. Cette manière de comprendre les enjeux contemporains est également suivie par Burno Latour dans B. LATOUR, *Où atterrir ? Comment s'orienter en politique*, Paris, La Découverte, 2017.

¹³⁵⁰ Pour plus de détail, voir notre discussion en conclusion de la Partie 3. Voir également B. LATOUR, *Face à Gaïa*, *op. cit.*, p. 182-184

*les moyens de savoir si elles le sont*¹³⁵¹.

Par conséquent, lire l'histoire depuis les lentilles de la désinhibition, c'est dissocier ce qui est souvent soudé dans l'idée de régulation, à savoir, d'une part, la constitution d'objets de savoir ou de règles et, d'autre part, l'autolimitation. Dans la désinhibition, il y a constitution de savoirs et de règles, qui peuvent engendrer des autolimitations locales, mais seulement locales par rapport au problème qui était à l'origine explicité. Dès lors, renverser la grille de lecture néo-réflexiviste de l'actualité, c'est n'est plus se demander en quoi la situation institutionnelle, épistémique, politique, éthique, économique, etc. peut conduire à une régulation contre la poursuite du même, ou contre l'inaction ; c'est se demander *en quoi l'actualité recèle des processus d'explicitation sans autolimitation, en quoi la politisation des maux et des choses qui leur sont associées peut aussi s'accompagner d'un accroissement ou d'un approfondissement de ce sur quoi porte sur cette explicitation (des pollutions, des manières de fabriquer, de consommer, etc.) et que nous tenons actuellement pour problématiques.*

Entendre le scandale de l'événement

*Sur fond d'un décor grêle que la philosophie, l'économie politique et tant d'autres belles sciences avaient planté, voilà que les fous se sont levés, et des malades, des femmes, des enfants, des emprisonnés, des suppliciés et des morts par millions. Dieu sait pourtant que nous étions tous armés de théorèmes, de principes et de mots pour broyer tout cela. Quel appétit, soudain, de voir et d'entendre ces étrangers si proches ? Quel souci pour ces choses frustrées ? Nous avons été saisis par la colère des faits*¹³⁵².

— Michel Foucault, 1977

Le sens historique et la réflexivité

Dans un texte consacré à notre situation géo-historique, Latour propose une astucieuse

¹³⁵¹ S. BOUDIA et N. JAS, « Gouverner un monde contaminé : Les risques techniques, sanitaires et environnementaux », dans D. Pestre et C. Bonneuil (éd.), *Histoire des sciences et des savoirs. Le siècle des technosciences*, Paris, Éditions du Seuil, 2015, vol. 3/3, p. 381-397. Tout ceci, accompagné en outre de l'augmentation inexorable des pratiques ayant des conséquences manifestement néfastes sur les milieux de vie.

¹³⁵² M. FOUCAULT, « La grande colère des faits », dans *Dits et écrits II (1976 - 1988)*, Paris, Gallimard, 2001, p. 277

interprétation de la notion d'Anthropocène qui constituerait « la meilleure alternative que nous ayons de nous évader de la notion de modernité » en dépit de son statut controversé.

Nous sommes forcés de tourner notre regard vers la Gaïa sub-lunaire, si activement modifiée par l'action humaine qu'elle est entrée dans une nouvelle période, que des géologues convertis à la philosophie proposent de nommer l'Anthropocène. [...] le concept d'Anthropocène constitue une puissante voie pour éviter le danger de la naturalisation tout en faisant en sorte, à condition qu'il soit utilisé convenablement, que l'ancien domaine du social, ou celui de l'« humain », soit reconfiguré comme le territoire des Terriens ou celui du Terrestre¹³⁵³.

Latour n'a de cesse de souligner l'innovation conceptuelle que constitue la proposition d'un Anthropocène dans l'histoire de la modernité¹³⁵⁴. Poursuivant le fil qu'il a tendu avec *Nous n'avons jamais été modernes*, Latour analyse l'Anthropocène comme un seuil d'irréversibilité à partir duquel l'épistémologie politique des Modernes ne peut tout bonnement plus être mise à profit :

Mais l'Anthropocène ne « dépasse » pas ce partage : il le contourne entièrement. Les forces géo-historiques ne sont *plus les mêmes* que les forces géologiques à partir du moment où elles ont fusionné en de multiples points avec l'action humaine. Partout où l'on avait affaire à un phénomène « naturel », on rencontre l'« Anthropos » [...] et partout où l'on s'attache aux pas de l'humain, on découvre des modes de relation aux choses qui avaient été auparavant situés dans le champ de la nature. Par exemple, en suivant le cycle de l'azote, où va-t-on placer la biographie de Franz Haber et la chimie des bactéries des plantes ? En dessinant le cycle du carbone, qui serait capable de dire quand Joseph Black entre en scène et quand les chimistes quittent le manège ? Même en suivant le cours des fleuves, vous allez retrouver partout l'influence des humains¹³⁵⁵.

Pour autant, à quel titre le concept d'Anthropocène constitue-t-il effectivement un tel *événement réflexif* ? Il convient en premier lieu de préciser ce qu'on entend par ce terme, qui peut se rapporter à deux niveaux d'énonciation. Le concept d'Anthropocène peut, au premier niveau, constituer un événement réflexif comme nouvelle manière de nommer l'action

¹³⁵³ LATOUR, BRUNO, « Telling Friends from Foes in the Time of the Anthropocene », dans C. Bonneuil, F. Gemenne et C. Hamilton (éd.), *The Anthropocene and the Global Environmental Crisis: Rethinking modernity in a new epoch*, London ; New York, Routledge, 2015, p. 145

¹³⁵⁴ « [...] pour la première fois dans la géohistoire, on allait déclarer solennellement que la force la plus importante qui façonne la Terre, c'est celle de l'humanité prise en bloc et d'un seul tenant. » ; « L'importance capitale de l'Anthropocène c'est qu'il donne une vérité pratique c'est-à-dire stratigraphique à la notion d'époque étudiée en historien – mais pas en géohistorien par Hans Blumenberg [...] quand l'âge moderne s'est défini, lui [à l'opposé de l'antiquité et du Moyen âge], explicitement, comme âge moderne, il ne savait pas qu'il finirait par être précisément défini par un sous-comité de stratigraphie. » ; « [...] la Terre devient sensible à notre action et nous, les humains, devenons quelque peu géologie ! » ; « [...] toutes les activités humaines s'y trouvent métamorphosées pour partie en formes géologiques ; tout ce qu'on appelait le socle rocheux commence à s'humaniser [...] il n'y a plus de paysage, d'occupation des sols, ou d'impact local. C'est avec l'échelle des phénomènes terrestres que s'établit désormais la comparaison. » ; B. LATOUR, *Face à Gaïa, op. cit.*, p. 148-152

¹³⁵⁵ *Ibid.*, p. 158-159

géologique humaine ; il s'agit du visage géologique que se donne notre époque. Mais il y a également événement réflexif lorsqu'une seconde strate de discours s'appuie sur la première afin de problématiser à nouveaux frais sa propre actualité discursive. On tente alors de redéfinir une « ontologie du présent », qui se rapporte au statut de ce discours dans l'histoire¹³⁵⁶. C'est bien à cette seconde strate à laquelle appartiennent les propos de Latour. Elles correspondent à l'esprit avec lequel a été reçue la notion d'Anthropocène dans les SHS, où elle a occasionné une formidable arène discursive, propice au questionnement des cadres culturels les plus ancrés, aux diagnostics les plus audacieux, aux dénonciations les plus rigoureuses.

A titre d'exemple, rappelons la manière dont l'article de Dipesh Chakrabarty, « *The Climate of History: Four Theses* », a contribué à ouvrir le concept d'Anthropocène au vent des idées et à le proposer comme nouveau nom du *zeitgeist* écologique. Ainsi, dès le texte de Chakrabarty publié en 2009, l'appétence pour la réflexivité d'une raison qui tente de saisir sa propre signification dans l'actualité apparaît très clairement. Pour l'historien, le fait que l'humanité soit « devenue quelque chose de bien plus grand que l'agent biologique qu'il ou elle a toujours été », qu'elle soit désormais une « force géologique » sonne alors comme un événement de savoir dont il faut tirer les conséquences. La première serait de détruire la « distinction, artificielle mais qui a résisté à l'épreuve du temps, entre les histoires humaines et naturelles ». La division entre nature et culture, « hypothèse fondamentale de la pensée politique de l'Occident (et désormais universelle) », se serait écroulée¹³⁵⁷. « Conséquence involontaire de choix humains », l'événement Anthropocène voudrait que « le maintenant géologique » s'emmêle au « maintenant de l'histoire humaine »¹³⁵⁸. Ce diagnostic de la rencontre entre les temps auparavant incommensurables sera par la suite un des topos du champs des SHS¹³⁵⁹. Chakrabarty est par exemple rejoint par Deborah Danowski et Eduardo Viveiros de Castro qui voient dans l'Anthropocène la « terrifiante communication du géopolitique avec le géophysique », une contribution « décisive à l'effondrement de la distinction fondamentale de l'épistème moderne – la distinction entre les ordres cosmologique et anthropologique, séparés depuis toujours (c'est-à-dire, au moins depuis le XVIIe siècle) par

¹³⁵⁶ M. FOUCAULT, « Qu'est-ce que les lumières ? », *op. cit.*, p. 1499. Nous rappelons ici en peu de mots ce qui a déjà été présenté en introduction générale, voir « Le problème de la réflexivité environnementale ».

¹³⁵⁷ D. CHAKRABARTY, « The Climate of History », *op. cit.*, p. 206-207

¹³⁵⁸ *Ibid.*, p. 212

¹³⁵⁹ En 2018, Chakrabarty insiste encore sur l'événement de l'Anthropocène, engageant une dimension éthique et collective : « Il est couramment reconnu que nous sommes en train de traverser une phase unique de l'histoire humaine quand, pour la première fois, nous connectons des événements qui ont lieu sur de vastes échelles géologiques [...] avec ce que nous rencontrons dans la vie quotidienne des individus, des collectivités, des institutions et des nations (s'agissant par exemple de la combustion d'énergies fossiles). » D. CHAKRABARTY, « Anthropocene Time », *History and Theory*, vol. 57, n° 1, 2018, p. 6

une double discontinuité, d'essence et d'échelle [...] en deux mots, Nature et Culture¹³⁶⁰. »

Pour autant, décrire l'émergence du concept d'Anthropocène comme événement réflexif au second sens pose problème, dans la mesure où, comme nous l'avons vu, cet avènement est loin de constituer la première forme de réflexivité géologique globale dans l'histoire de la modernité scientifique. Histoires humaines et terrestre, nature et la culture se sont maintes fois rencontrées dans les ouvrages de géologie, de physique du globe, de géographie du XIXe et du XXe siècle¹³⁶¹. Néanmoins, Latour répond à cet obstacle historiographique dans *Face à Gaïa*. Tout en reconnaissant que « les historiens ont raison de critiquer ceux qui prétendent, chaque fois avec le même enthousiasme, qu'on vient d'entrer dans une période radicalement différente », il fait valoir la distinction entre l'image du Globe, comme totalité à laquelle le discours se réfère, et les opérations concrètes par lesquelles le réseau des savoirs de la Terre s'étend. Il y a certes, rappelle Latour, répétition du discours prenant pour objet le Globe, qui unifie trop rapidement de ce qu'il convient d'abord de composer¹³⁶². En revanche, le second est bel et bien porteur de nouveautés : « [...] la découverte, chaque fois bouleversante, d'une connexion nouvelle et dramatique entre des puissances d'agir inconnues jusqu'ici, et à des échelles chaque fois plus éloignées, selon un rythme chaque fois plus frénétique, cela, oui, est vraiment nouveau¹³⁶³. » Il ne faut donc pas confondre ce qui se dit et ce qui est fait, conformément à l'anthropologie pragmatique qu'a développé Latour : « Si les boucles de réflexivité se ressemblent par la forme, leur contenu, leur rythme, leur extension sont chaque fois différents. » Par conséquent, « [il] ne sert à rien de prétendre qu'on le *savait* déjà et que d'autres avant nous l'ont dit », la question pertinente qu'il s'agit de poser, révélatrice de « l'enjeu de l'Anthropocène », est la suivante : « [...] combien de boucles vous faut-il parcourir pour *sentir* la rotondité de la Terre pour de bon ? Combien d'institutions supplémentaires, combien de bureaucraties réclamez-vous, vous personnellement, pour vous rendre capable de répondre à un phénomène, de prime abord si éloigné, comme la composition chimique de l'atmosphère¹³⁶⁴ ? »

A quelle conception de l'histoire des sciences et des techniques se rapporte une telle thèse ? Il est tout à fait frappant que la déclaration suscitée au sujet de l'azote et de Fritz Haber joue le rôle d'*exemplum* au service de la thèse que Latour défend. Avec l'Anthropocène, on ne

¹³⁶⁰ D. DANOWSKI et E. VIVEIROS DE CASTRO, « L'Arret de Monde », dans É. Hache (éd.), *De l'Univers clos au monde infini*, Paris, Dehors, 2014, p. 229

¹³⁶¹ Voir la première partie.

¹³⁶² La notion de globe et de pensée globale contient l'immense danger d'unifier trop vite ce qui doit être d'abord composé.

¹³⁶³ B. LATOUR, *Face à Gaïa*, op. cit., p. 182

¹³⁶⁴ *Ibid.*, p. 184-185

pourrait plus se dispenser de parler de la perturbation du cycle de l'azote sans parler du chimiste, et inversement. Or, comme nous l'avons vu dans la première partie, le procédé Haber-Bosch est déjà un objet épistémique sérieux pour la géochimie des années 1920. Lotka le caractérise même comme l'inauguration d'une « nouvelle époque cosmique »¹³⁶⁵. Plus généralement, les connexions matérielles que met en œuvre l'industrie sont dès leur début comprises dans la description des cycles géochimiques. Par conséquent, qu'un Stoppani, un Chamberlin ou un Lotka parlent d'action globale de l'humanité, se rapporterait dans la perspective latourienne soit à un discours portant sur une image du Globe, abstraite de tout contexte, soit à des énoncés *pas encore assez instrumentés, assez étendus, assez éprouvés*. D'où le reproche que Latour adresse au travail de Fressoz et Locher sur les réflexivités climatiques :

On peut donc dire « rien de nouveau sous le soleil », comme il le fait ; moi, j'affirme que c'est manquer de sens historique de ne pas saisir que cette question autrefois bourgeoise est devenue une transformation du système Terre au sens de Gaïa. [...] L'ouvrage *Les Révoltes du ciel* n'avance aucun exemple contredisant cette nouveauté, à savoir que l'aspect inédit de l'Anthropocène tient à ce que ce ne sont pas seulement les sols et les forêts qui réagissent à notre action, mais c'est le système Terre dans son entier qui est affecté – et cela se mesure. [...] Saisir ce basculement tient du sens historique, et un historien doit comprendre qu'il existe là une différence générationnelle¹³⁶⁶.

Mais Fressoz et Locher affirment-ils autre chose sur les savoirs contemporains ? Sont-ils aussi relativistes que Latour semble l'entendre ici ? Ces historiens manquent-ils à ce point de « sens historique » ? Il est clair qu'ils adoptent pourtant un point de vue similaire :

Ce sont les avions d'observation, les ballons-sondes, les bouées thermométriques, les satellites ainsi que la logistique permettant d'organiser, standardiser, calibrer toutes ces mesures qui rendent peu à peu possible de saisir l'évolution du climat global. [...] A cet énorme travail sur les observations, répond la mise en œuvre de super-ordinateurs et de modèles numériques globaux toujours plus puissants, fins et réalistes – des modèles autour desquels se structurent des communautés entières de savants apportant chacun leur pierre à l'édifice. C'est en ce sens que le diagnostic du réchauffement climatique n'est pas une « découverte » : c'est un constat d'autant plus robuste qu'il émerge d'un colossal effort collectif d'observation, d'analyse et de modélisation. Seule une immense infrastructure de connaissance mêlant les hommes et les machines a permis d'y parvenir¹³⁶⁷.

Non seulement ils sont d'accord sur le rôle déterminant de l'extension des réseaux, mais également sur la différence historique que constitue la popularisation du souci écologique,

¹³⁶⁵ Voir la section « Vernadsky prophète ? » dans le chapitre 5.

¹³⁶⁶ B. LATOUR et Y. BOUSENNA, « Bruno Latour : la révolution a déjà eu lieu, elle s'appelle l'Anthropocène », *Socialter*, n° 44, 11 février 2021, p. 12

¹³⁶⁷ J.-B. FRESSOZ et F. LOCHER, *Les révoltes du ciel. Une histoire du changement climatique XVe-XXe siècles*, op. cit., p. 225-226

incluant peu à peu la question climatique dans la seconde moitié du XXe siècle¹³⁶⁸. Dès lors, quel est le cœur de la mésentente ? Tout laisse à croire qu'elle est politique. D'un côté, faisant valoir le principe que « Savoir et ne pas agir, ce n'est pas savoir »¹³⁶⁹, Latour prétend que l'absence d'action réside principalement dans le fait que les réseaux qui nous attachent à la Terre ne sont pas encore suffisamment déployés, ou bien ne le sont pas de façon adéquate¹³⁷⁰. D'un autre côté, le regard historique implique que cette connexion n'a rien de nécessaire, que le jeu de la politique peut toujours coder nos attachements autrement que sur le mode qui consisterait à en prendre soin¹³⁷¹. Ainsi, les historiens ne manquent pas de regard historique, ils ne font que leur métier. Ils demandent seulement que, pour un moment, on prenne le temps de déplier nos énoncés les plus généraux dans la mesure où, selon les termes mêmes de l'anthropologie latourienne, les réseaux qu'ils encapsulaient et qui leur permettaient de tenir et de circuler sans difficultés se révèlent *dans l'événement* peut-être moins solides que nous le pensions.

Le sublime de l'Anthropocène et la violence transcendantale

En particulier, la réception du concept d'Anthropocène comme événement réflexif encourt un risque de fascination pour la grandeur de l'événement qu'il désigne. Comme l'a pertinemment montré Fressoz, le récit scientifique de l'Anthropocène véhicule une esthétique du sublime : sublime de l'Humanité, sublime de la Gigatonne, sublime de la conflagration des temps géologiques et humains, sublime d'une redoutable Nature, sublime de l'épopée de la découverte scientifique. Fressoz analyse ici le discours des acteurs des sciences du « système Terre », dans lequel l'« Anthropocène procure le frisson coupable d'un nouveau récit sublime »¹³⁷². Mais, d'un autre côté, en vertu du principe de symétrie cher à l'anthropologie des sciences, n'y a-t-il pas une même esthétique qui se déploie dans la manière dont le concept d'Anthropocène est reçu sein des sciences humaines et sociales comme événement réflexif, par lequel les modernes, que nous croyions être, feraient enfin face à vérité de leur histoire ? Fin de la nature, fin de la séparation entre nature et culture, fin de l'épistémologie des modernes, fin

¹³⁶⁸ *Ibid.*, p. 226

¹³⁶⁹ B. LATOUR, *Face à Gaïa, op. cit.*, p. 185

¹³⁷⁰ La métaphore du fumeur est à ce titre explicite : « Il est possible que vous ayez « toujours su » que les cigarettes provoquaient le cancer, mais il y a loin entre ce « savoir » et vraiment arrêter de fumer. [...] Avant de mesurer ce que c'est que de savoir qu'il ne faut pas fumer, ne faut-il pas pressentir la douleur dans sa chair, comme tentent de le préfigurer ces images choquantes sur les paquets de cigarettes ? » *Id.*

¹³⁷¹ C'est le sens du concept de désinhibition.

¹³⁷² J.-B. FRESSOZ, « L'Anthropocène et l'esthétique du sublime », *Mouvements*, 16 septembre 2016

du progrès, fin du temps, nouvel âge de maîtrise ou de prise en charge de la nature, rupture dans les sciences humaines et sociales, refonte d'un rapport au temps, etc. – n'a-t-on pas affaire à un semblable rapport esthétique où la grandeur de l'événement réflexif pour la modernité procure un sentiment de sublime ? C'est également ce que défend Fressoz pour qui le concept d'Anthropocène suscite un « frisson coupable » d'un « nouvel horizon grandiose » à l'heure de la fin des grands récits : « penser le mouvement d'une humanité devenue force tellurique paraît autrement plus excitant que penser l'involution d'un système économique »¹³⁷³.

En dehors de son aspect psychologisant, le diagnostic de Fressoz pointe un véritable risque lorsqu'on se confronte au diagnostic anthropocénique. Il s'avère néanmoins que le concept d'Anthropocène recèle une difficulté redoutable liée au type de grandeur qu'il véhicule, et qu'une critique culturelle, toute pertinente qu'elle soit, ne peut simplement évacuer. Pour le saisir, revenons à la question du sublime chez Kant qui, précisément grâce à son caractère problématique, nous aide à saisir cette difficulté. Dans la *Critique de la faculté de juger*, Kant rappelle que la différence des rapports esthétiques du beau et du sublime. Le premier porte sur la forme de l'objet, alors que le second se produit lorsque nous faisons face à l'informe d'un objet, qu'il soit mouvant comme les ondulations de la mer, soit que ses parties soient agencées de manière irrégulière¹³⁷⁴. Le sublime n'est pas mélioratif chez Kant, mais procède d'un sentiment ambigu, proche d'un abîme dans lequel le sujet peut se perdre¹³⁷⁵. Il existe pour lui deux types de sublime : l'un se rapporte à la grandeur (sublime mathématique), l'autre à la force de la nature (sublime dynamique). L'Anthropocène peut évoquer ces deux faces du sublime, et nous voudrions défendre que l'événement dont il est le nom les articule d'une manière peut être originale. Rappelons d'abord succinctement les contours de ces deux sublimes.

Tout d'abord, le sublime dynamique repose en premier ordre sur la peur que suscite en nous le déchaînement des éléments de la nature, non pas à leur contact immédiat mais *via* une certaine menace ressentie par le sujet. Qu'ils soient des « orageux nuages » s'avançant avec force éclairs et coups de tonnerre ; qu'ils soient volcans, ouragans, ou fracas des chutes d'un puissant fleuve ou encore immensité de l'océan qui l'accueille : tous menacent notre pouvoir de résister. Mais, au second ordre, si nous nous trouvons en sécurité, le spectacle est proportionnellement attrayant à la peur qu'il pourrait susciter. Ce sont-là des objets sublimes « parce qu'ils élèvent les forces de l'âme au-dessus de l'habituelle moyenne et nous font

¹³⁷³ *Id.*

¹³⁷⁴ E. KANT, *Critique de la faculté de juger*, A. Renaut (trad.), Paris, Flammarion, 2000, p. 225-228

¹³⁷⁵ *Ibid.*, p. 240

découvrir en nous un pouvoir de résistance d'un tout autre genre, qui nous donne le courage de nous mesurer avec l'apparente toute puissance de la nature »¹³⁷⁶.

D'autre part, le sublime mathématique se rapporte à ce qui est *absolument grand*, c'est-à-dire « ce qui est au-delà de toute comparaison »¹³⁷⁷. La grandeur dont il s'agit *échappe donc à toute mesure*. Or, pour Kant, la nature n'offre que des objets soit mesurables, soit dont nous pouvons toujours relativiser la taille : le système solaire est grand, mais infiniment petit par rapport à l'étendue de l'univers connu ; la molécule est petite, mais infiniment grande par rapport aux quarks, etc. Donc le sublime ne se trouve pas en tant que tel dans les objets des sens, qu'ils soient instrumentés ou non (téléscope, microscopes)¹³⁷⁸. Néanmoins, le sentiment du sublime se trouve bien suscité par certains objets, comme une chaîne de montagne ou un océan déchaîné. Ces objets invitent l'imagination à essayer, sans toutefois jamais y parvenir, de fournir une intuition de la totalité *et* du caractère illimité qu'ils évoquent. Cependant, notre raison exige d'autre une totalité absolue qui toutefois n'est jamais donnée dans l'expérience. D'où l'élévation ressentie selon Kant par la personne qui contemple ces objets : elle sent une puissance supérieure à ce qui se trouve dans la nature puisqu'elle se rend compte de la présence en elle d'une idée qu'elle peut formuler (la totalité inconditionnée) et qu'aucune partie de la nature ne peut, à elle seule, fournir¹³⁷⁹.

Ces précisions établies, nous comprenons que l'Anthropocène possède un lien évident avec le sublime dynamique : il peut renvoyer à la force des catastrophes climatiques et écologiques passées, présentes et à venir. D'une certaine façon, le catastrophisme joue en partie sur le tableau du sublime dynamique en exacerbant la fascination pour la violence de la nature et la destruction qu'elle porte¹³⁸⁰. Les films mettant en scène des catastrophes naturelles peuvent susciter un sentiment de sublime, précisément parce que cela suppose de les visionner à *distance* des destructions qui seraient, sinon, effroyables. Du point de vue kantien, ce spectacle nous rappelle que nous sommes malgré tout destinés à autre chose qu'à l'anéantissement. Ainsi, le sublime dynamique de l'Anthropocène n'est possible que depuis un certain confort, inégalement distribué dans le monde et dans l'histoire, et qui permet pour certaines personnes

¹³⁷⁶ *Ibid.*, p. 244.

¹³⁷⁷ *Ibid.*, p. 229

¹³⁷⁸ *Ibid.*, p. 231

¹³⁷⁹ *Ibid.*, p. 236-238

¹³⁸⁰ Si le catastrophisme contemporain qui thématise l'Anthropocène sous le concept d'effondrement a de nombreux défauts, notamment politiques, son mérite est de prendre au sérieux la nécessité pratique de la spéculation. Sur les limites politiques des théories de l'effondrement, voir B. ZITOUNI et F. THOREAU, « Contre l'effondrement : agir pour des milieux vivaces », *Effondrement des Alpes*, ESAA éditions, vol. 1, s. d., p. 55-58 ; A. BIDET, « Faut-il « avertir de la fin des temps pour exiger la fin des touillettes » ? », *Multitudes*, vol. 76, n° 3, 18 octobre 2019, p. 134-141 ; J. CRAVATTE, « Dépasser les limites de la collapsologie », *Ballast*, 27 décembre 2019.

seulement de contempler et de s'émouvoir du fracas des éléments déchaînés par les activités humaines. C'est d'ailleurs l'héritage culturel ce sublime que Fressoz critique dans la notion d'Anthropocène.

Mais nous voudrions faire valoir que l'Anthropocène peut également se rapporter au sublime mathématique. En effet, en tant qu'événement géologique inédit, il se rapporte à l'appréhension de la grandeur peut-être avant même d'évoquer la violence de la nature. Tout d'abord, la manière de donner la mesure de l'événement Anthropocène est intrinsèquement liée à la grandeur. D'abord parce que la quantification, trouvant ses racines dans la constitution de l'archive de la Terre, y joue un rôle central, mais aussi parce que cette quantification produit un objet que nous pouvons qualifier de « grand », comparativement à la plupart des objets dont la politique s'est historiquement saisie, à savoir l'environnement global¹³⁸¹. Ces deux aspects de la grandeur sont consubstantiels au dispositif de géo-savoir, que nous avons analysé dans la deuxième partie. Mais cela ne suffit pas à évoquer un sublime mathématique qui se rapporte à l'*absolument grand*. Cet absolu se trouve dans le fait que l'événement Anthropocène a trait à la modification, voire à la destruction, des conditions de possibilité de toute existence sur Terre. En effet, dans l'espace, tous les êtres terrestres sont géographiquement concernés par cet événement ; et dans le temps, le moins que nous puissions dire est qu'aucun humain n'a vécu un tel bouleversement *et* nous sommes incapables de dire quand celui-ci va s'achever. On pourrait également remarquer qu'il y a « Anthropocène » pour des millions d'espèces qui n'ont pas connu dans leur histoire un tel chamboulement, articulant extinction massive, déplacements intercontinentaux, modification du génome ou encore uniformisation¹³⁸². Par conséquent, le concept d'Anthropocène désigne une forme de *totalisation géo-historique d'un événement, qui recèle une figure de l'illimité et de la totalité qui doit nous questionner*. C'est ce qu'a bien capturé Donna Haraway dans sa manière de saisir le concept d'Anthropocène : un « terme géologique démesuré, mais terriblement précis, désignant l'époque des humains »¹³⁸³. Il y a en effet de la *précision* à nommer un événement sans commune mesure, et le concept d'Anthropocène en propose une version *factuelle*, en dépit des très nombreuses limites qu'il contient. Il ne s'agit pas là de convoquer une raison absolue et suffisante afin de le conserver à

¹³⁸¹ Bien entendu, les questions environnementales d'échelle globale sont des sujets politiques depuis bien plus longtemps que cela n'est couramment admis. J.-B. FRESSOZ et F. LOCHER, *Les révoltes du ciel. Une histoire du changement climatique XVe-XXe siècles*, *op. cit.*

¹³⁸² M. WILLIAMS *et al.*, « The Anthropocene: A Conspicuous Stratigraphical Signal of Anthropogenic Changes in Production and Consumption Across the Biosphere », *Earth's Future*, vol. 4, n° 3, 1^{er} mars 2016, p. 34-53 ; M. WILLIAMS *et al.*, « The Anthropocene Biosphere », *The Anthropocene Review*, vol. 2, n° 3, 1^{er} décembre 2015, p. 196-219 ; A. D. BARNOSKY *et al.*, « Approaching a State Shift in Earth's Biosphere », *Nature*, vol. 486, n° 7401, 7 juin 2012, p. 52-58

¹³⁸³ D. HARAWAY, « *When Species Meet* », *op. cit.*, p. 54

tout prix, mais simplement de faire valoir ce qu'il comporte en propre, aux côtés d'autres éléments, et ainsi de résister à la tentation de la critique univoque¹³⁸⁴.

Le sublime dans l'Anthropocène peut alors être compris comme une équivoque, exprimant une double entente possible de l'événement. Tout d'abord le sublime, au sens mathématique et dynamique, suscite pour Kant comme la confirmation de la destination morale de nos facultés, et consiste par conséquent en une manière de conforter notre statut dans le monde, en nous en offrant une re-présentation abstraite. Chez Kant ce statut est ontologiquement supérieur au reste du monde, c'est-à-dire à la nature. Par extension, l'événement Anthropocène comporte un aspect redoutable lié à ce qu'on pourrait appeler un « effet de sublime conceptuel » lorsqu'il devient prétention à toujours savoir penser *malgré l'événement*. Il est sentiment d'autosatisfaction lié à la pensée qui, face au vacarme inouï de l'événement, se réaffirme immédiatement dans son pouvoir de *savoir toujours-déjà ce qu'il s'y trame*. Cela revient donc à nier ce qui, dans l'événement, pourrait bien ne pas susciter une réponse déjà articulée, tendance sans doute renforcée par l'image de l'environnement total que véhiculent les panoramas environnementaux, donnant le sentiment d'une prise effective sur l'événement qu'ils figurent.

Or ce qu'il s'agit de ne pas nier, c'est qu'on peut nommer le scandale de l'événement, c'est-à-dire une puissance de négation du discours qui se trouve en lui. C'est en quelque sorte un visage cruel de la vérité sortant de son puit et venant châtier les rationalités tranquilles. Mais cette vérité n'est pas pour autant un être absolu qui apparaît dans son évidence universelle et qui serait capable soit d'accorder d'un seul geste toutes les voix, soit au contraire de les faire taire universellement. La vérité du scandale, que charrie l'événement, est d'abord occulte et agissante ; elle se signale par le fait que d'autres vérités vacillent. Ainsi, l'événement Anthropocène n'inquiète pas les faits historiques, mais certaines vérités qu'on tenait pour acquises – qu'elles soient celles relatives à un régime économique, à la séparation des savoirs, à l'universalité d'une condition terrestre ou encore à l'impassibilité de la Terre¹³⁸⁵. Mais on ne sait jamais par avance jusqu'où peut conduire ce bouleversement.

L'événement nommé « Anthropocène » contient quelque chose d'une dimension

¹³⁸⁴ Nous nous permettons de remarquer que nous avons mené par ailleurs une critique de ce concept dans P. de JOUVANCOURT et C. BONNEUIL, « En finir avec l'épopée. Récit, géopouvoir et sujets de l'Anthropocène », *op. cit.*

¹³⁸⁵ Dès lors, le courage de la vérité se mesurerait au prix que l'on accepte de payer, aux vérités auxquelles on est prêt à renoncer, comme l'avait écrit Nietzsche à la fin de sa vie en demandant : « Quelle dose de vérité un esprit peut-il *supporter*, quelle dose de vérité peut-il *risquer* ? », question qui devient pour lui « le vrai critère de mesure des valeurs. » F. NIETZSCHE, *Fragments posthumes, début 1888-1889*, J.-C. Héméry (trad.), Paris, Gallimard, 1977, p. 244

inouïe, informe, qui échappe à toute expérience analogue, passée ou présente, qui pourrait nous servir à nous y rapporter efficacement. D'où en effet un rapport au sublime qui paraît presque nécessaire. Ce sublime anthropocénique est à la fois mathématique et dynamique dans la mesure où l'événement Anthropocène, c'est le surgissement de la possibilité d'une violence transcendante, c'est-à-dire d'une violence qui touche aux conditions de possibilité de la vie sur Terre. Reconnaître et dire cela, ce n'est pour autant pas acquiescer à la manière très particulière dont cette possibilité est figurée dans l'imaginaire anthropocénique, que cela soit à travers la conception verticale du pouvoir technique et scientifique qu'il véhicule parfois, ou encore à travers son indifférence à l'asymétrie des multiples agentivités politiques impliquées dans son histoire. Ce n'est pas non plus consentir au pouvoir nosologique et thérapeutique tendant à s'affirmer comme seule source d'action légitime en réponse à l'événement. En revanche, le pouvoir de dire l'événement Anthropocène est un pouvoir équivoque dont nous héritons, du fait même d'être pris dans le dispositif de géo-savoir. En 1971, dans *La planète malade*, Guy Debord remarquait quelque chose qui exprime cette condition avec une étonnante actualité :

L'époque qui a tous les moyens techniques d'altérer absolument les conditions de la vie sur toute la Terre est également l'époque qui, par le même développement technique et scientifique séparé, dispose de tous les moyens de contrôle et de prévision mathématiquement indubitable [...] pour mesurer la dégradation rapide des conditions mêmes de la survie, au sens le plus général et le plus trivial du terme¹³⁸⁶.

Par conséquent, se trouver dans l'événement Anthropocène c'est aussi faire l'épreuve du dispositif de géo-savoir qui nous constitue comme subjectivité confrontée au sublime. Mais cet événement n'a pas nécessairement à être entendu comme une manière de réaffirmer notre puissance ou notre supériorité sans commune mesure avec le reste du monde. Toute la difficulté de notre situation consiste précisément à tenir ensemble la grandeur absolue de l'événement et l'impératif de résister à de multiples tentations : rester sourd au scandale de l'événement, s'abîmer dans la sidération ou encore confondre le caractère inédit de notre situation avec l'idée téléologique d'une révélation épistémique. En effet, il peut également être un appel de type moral et politique, touchant à la manière dont les communautés concernées par l'événement Anthropocène sont appelées à trouver une réponse inédite qui soit capable d'entendre le scandale de l'événement. Il y a ainsi un soin requis de l'inouï et du scandale, un soin capable de nous faire agir et penser autrement que sur le mode qui semble aller de soi¹³⁸⁷.

¹³⁸⁶ G. DEBORD, « La planète malade », dans *La planète malade*, Paris, Gallimard, 2004, p. 80

¹³⁸⁷ Sur le mode auquel nous avait invité Isabelle Stengers en nommant Gaïa et « caractériser en tant

qu'intrusion les désastres qui s'annonce » : « En l'occurrence, il s'agit de résister à la tentation de ramener à un simple « problème » ce qui fait événement, ce qui nous met à la question. Mais aussi de faire exister la différence entre la question imposée et la réponse à créer. » I. STENGERS, *Au temps des catastrophes : Résister à la barbarie qui vient*, *op. cit.*, p. 49

Bibliographie

- AD HOC REVIEW TEAM ON PLANET EARTH TECHNOLOGIES, *Technology for the Mission to Planet Earth*, Redondo Beach, California, NASA, Technical Memorandum, 19920018979, 1989.
- ADAMSON Matthew, « Cores of Production: Reactors and Radioisotopes in France », *Dynamis: Acta Hispanica ad Medicinae Scientiarumque Historiam Illustrandam*, vol. 29, 15 juillet 2009, p. 261-284.
- AFEISSA Hicham-Stéphane, *La fin du monde et de l'humanité : essai de généalogie du discours écologique*, Paris, Presses universitaires de France, 2014.
- AHLMANN Hans W., *Glacier variations and climatic fluctuations*, New York, American Geographical Society, 1953.
- AHLMANN Hans W., « The Present Climatic Fluctuation », *The Geographical Journal*, vol. 112, n° 4/6, 1948, p. 165-193.
- ALBRITTON JONSSON Fredrik, « The Coal Question Before Jevons », *The Historical Journal*, vol. 63, n° 1, février 2020, p. 107-126.
- ALBRITTON JONSSON Fredrik, « The Origins of Cornucopianism: A Preliminary Genealogy », *Critical Historical Studies*, vol. 1, n° 1, 2014, p. 1-18.
- ALIZART Mark, *Le coup d'État climatique*, Paris, PUF, 2020.
- ALVERSON Keith D., Raymond S. BRADLEY et Thomas F. PEDERSEN (éd.), *Paleoclimate, global change, and the future*, Berlin & New York, Springer, coll. « Global change - the IGBP series », 2003.
- AMBACH Walter et Willi DANSGAARD, « Fallout and Climate Studies on Firn Cores from Carrefour, Greenland », *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 8, n° 4, 1^{er} janvier 1970, p. 311-316.
- ANDERS Günther, *L'obsolescence de l'homme : Sur l'âme à l'époque de la deuxième révolution industrielle*, Christophe David (trad.), Paris, Editions de l'Encyclopédie des Nuisances, 2002.
- ANDERSON Kevin, « Going Beyond Dangerous », entretien réalisé par Dan Miller, 23 mai 2021, Climate Chat Club.
- ANDERSON Theodore L., Robert J. CHARLSON, Stephen E. SCHWARTZ, Reto KNUTTI, Olivier BOUCHER, Henning RODHE et Jost HEINTZENBERG, « Climate Forcing by Aerosols—a Hazy Picture », *Science*, vol. 300, n° 5622, 16 mai 2003, p. 1103-1104.
- ARCHER David, *The Long Thaw: How Humans are Changing the Next 100,000 Years of Earth's Climate*, Princeton, Princeton University Press, 2009.

- ARONOVA Elena, Karen S. BAKER et Naomi ORESKES, « Big Science and Big Data in Biology: From the International Geophysical Year through the International Biological Program to the Long Term Ecological Research (LTER) Network, 1957–Present », *Historical Studies in the Natural Sciences*, vol. 40, n° 2, mai 2010, p. 183-224.
- ARRAULT Jean-Baptiste, *Penser à l'échelle du Monde. Histoire conceptuelle de la mondialisation en géographie (fin du XIXe siècle/entre-deux-guerres)*, Thèse de doctorat, Paris, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 2007.
- ARRHENIUS Svante, « The Problem of the World's Supply of Energy », *Journal of the Franklin Institute*, vol. 190, n° 1, 1^{er} juillet 1920, p. 114-121.
- ARRHENIUS Svante, *Worlds in the Making: the Evolution of the Universe*, H. Borns (trad.), New York & London, Harper, 1908.
- ARRHENIUS Svante, « On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground », *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, vol. 41, n° 5, 1896, p. 237-276.
- ASAFU-ADJAYE John, Linus BLOMQUIST, Stewart BRAND, Barry BROOK, Ruth DEFRIES, ERLE ELLIS, Christopher FOREMAN, David KEITH, Martin LEWIS, Mark LYNAS, Ted NORDHAUS, Roger PIELKE, Rachel PRITZKER, JOYASHREE ROY, Mark SAGOFF, Michael SHELLENBERGER, Robert STONE et Peter TEAGUE, « An Ecomodernist Manifesto », Breakthrough Institute, 2015.
- ASMOUS Vladimir C., « Academician V. I. Vernadsky », Arnold Arboretum (trad.), *Science*, vol. 102, n° 2653, 2 novembre 1945, p. 439-440.
- AUDIER Serge, *L'âge productiviste : Hégémonie prométhéenne, brèches et alternatives écologiques*, Paris, La Découverte, 2019.
- AUDIER Serge, *La société écologique et ses ennemis : une histoire alternative de l'émancipation*, Paris, La Découverte, 2017.
- AUTIN Whitney J. et John M. HOLBROOK, « Is the Anthropocene an issue of stratigraphy or pop culture? », *GSA Today*, 1^{er} septembre 2012, p. 61-62.
- AWG, *Newsletter of the Anthropocene Working Group*, Report of Activities, 10, 2020.
- AWG, *Newsletter of the Anthropocene Working Group*, Report of Activities, 9, 2019.
- AWG, *Newsletter 1*, 2009.
- BAICHWAL Jennifer, Nicolas DE PENCIER et Edward BURTYNSKY, *Anthropocene: The Human Epoch*, Documentaire, 2018, 87'.
- BALAN Bernard, *L'évolution des idées en géologie : Des cosmogonies à la physique du globe*, Paris, Vrin, 2011.
- BARNABY Frank, « Environmental Warfare », *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 32, n° 5, 1^{er} mai 1976, p. 36-43.

- BARNABY Frank, « The Spread of the Capability to Do Violence: An Introduction to Environmental Warfare », *Ambio*, vol. 4, n° 5/6, 1975, p. 178-185.
- BARNOLA J. M., D. RAYNAUD, Y. S. KOROTKEVICH et C. LORIUS, « Vostok Ice Core Provides 160,000-Year Record of Atmospheric CO₂ », *Nature*, vol. 329, n° 6138, octobre 1987, p. 408-414.
- BARNOSKY Anthony D., « Palaeontological Evidence for Defining the Anthropocene », dans Colin N. Waters, Jan Zalasiewicz et Mark Williams (éd.), *Stratigraphical Basis for the Anthropocene*, London, London Geological Society, coll. « Special Publications », 2014, p. 149-165. Special Publication 395.
- BARNOSKY Anthony D., Elizabeth A. HADLY, Jordi BASCOMPTE, Eric L. BERLOW, James H. BROWN, Mikael FORTELIUS, Wayne M. GETZ, John HARTE, Alan HASTINGS, Pablo A. MARQUET, Neo D. MARTINEZ, Arne MOOERS, Peter ROOPNARINE, Geerat VERMEIJ, John W. WILLIAMS, Rosemary GILLESPIE, Justin KITZES, Charles MARSHALL, Nicholas MATZKE, David P. MINDELL, Eloy REVILLA et Adam B. SMITH, « Approaching a State Shift in Earth's Biosphere », *Nature*, vol. 486, n° 7401, 7 juin 2012, p. 52-58.
- BARRUEL Germain, *Traité élémentaire de géologie, minéralogie et géognésie*, Paris, Aimé André, 1839.
- BARTHES Roland, « Sémiologie et médecine », dans *L'Aventure sémiologique*, Paris, Seuil, 2002, p. 273-283.
- BARUCH Jacques-Olivier, « La bataille du Gélasien », *La Recherche*, 1^{er} mars 2008, p. 14.
- BASKARAN Mark, « Environmental Isotope Geochemistry: Past, Present and Future », dans Mark Baskaran (éd.), *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, Berlin ; New York, Springer, 2011, p. 3-11.
- BATTARBEE Richard W. et Heather A. BINNEY (éd.), *Natural Climate Variability and Global Warming: a Holocene Perspective*, Malden, Blackwell Pub, coll. « Global Change - The IGBP Series », 2008.
- BAUER Andrew M. et Erle C. ELLIS, « The Anthropocene Divide: Obscuring Understanding of Social-Environmental Change », *Current Anthropology*, vol. 59, n° 2, avril 2018, p. 209-227.
- BEAUJEAN Victor, *Dictionnaire des principaux termes de géographie, de topographie, de géologie et d'art militaire*, Bruxelles, C. Muquardt, 1882.
- BEAULIEU Anne, « Voxels in the Brain: Neuroscience, Informatics and Changing Notions of Objectivity », *Social Studies of Science*, vol. 31, n° 5, 2001, p. 635-680.
- BECK Ulrich, *La société du risque : Sur la voie d'une autre modernité*, Laure Bernardi (trad.), Paris, Flammarion, 2008.
- BECK Ulrich, Wolfgang BONSS et Christoph LAU, « The Theory of Reflexive Modernization: Problematic, Hypotheses and Research Programme », *Theory, Culture & Society*, vol. 20, n° 2, 2003, p. 1-33.

- BENITO Gerardo et Ken J. GREGORY (éd.), *Palaeohydrology: Understanding Global Change*, Chichester ; Hoboken, Wiley, coll. « Global Change - The IGBP Series », 2003.
- BENNETT Carys E., Richard THOMAS, Mark WILLIAMS, Jan ZALASIEWICZ, Matt EDGEWORTH, Holly MILLER, Ben COLES, Alison FOSTER, Emily J. BURTON et Upenyu MARUME, « The Broiler Chicken as a Signal of a Human Reconfigured Biosphere », *Royal Society Open Science*, vol. 5, n° 12, 12 décembre 2018, p. 180325.
- BENSAUDE VINCENT Bernadette, *L'opinion publique et la science : histoire d'un divorce*, Paris, La Découverte, 2013.
- BENSAUDE-VINCENT Bernadette, « Le bourdonnement des technosciences. Réflexions sur quelques buzzwords », *Alliance*, n° 72, novembre 2013, p. 23-29.
- BERLAN Aurélien, « Chapitre 1. Qu'est-ce qu'un diagnostic historique ? », dans *La Fabrique des derniers hommes : retour sur le présent avec Tönnies, Simmel et Weber*, Paris, La Découverte, 2012, p. 21-85.
- BERNER Robert A., « A. G. Hoegbom and the Development of the Concept of the Geochemical Carbon Cycle », *American Journal of Science*, vol. 295, n° 5, 1^{er} mai 1995, p. 491-495.
- BERRY E. W., « The Term Psychozoic », *Science*, vol. 64, n° 1644, 2 juillet 1926, p. 16.
- BIDET Alexandra, « Faut-il « avertir de la fin des temps pour exiger la fin des touillettes » ? », *Multitudes*, vol. 76, n° 3, 18 octobre 2019, p. 134-141.
- BLOCH Marc et Jacques Le GOFF, *Apologie pour l'histoire ou Métier d'historien*, Paris, Armand Colin, 1997.
- BODANSKY Daniel, « May we engineer the climate? », *Climatic Change*, vol. 33, n° 3, 1^{er} juillet 1996, p. 309-321.
- BODUNGEN B. von, Kerry TURNER, et DAHLEM WORKSHOP (éd.), *Science and integrated coastal management: report of the 85th Dahlem Workshop on Science and integrated management, Berlin, December 12-17, 1999*, Berlin, Dahlem University Press, 2001.
- BOLIN Bert et Erik ERIKSSON, « The atmosphere and the sea in motion. Scientific contributions to the Rossby memorial volume », dans Bert Bolin (éd.), *The Atmosphere and the Sea in Motion: Scientific Contributions to the Rossby Memorial Volume*, New York, Rockefeller Institute Press, 1959, p. 130-142.
- BONNEUIL Christophe, « Der Historiker und der Planet. Planetaritätsregimes an der Schnittstelle von Welt-Ökologien, ökologischen Reflexivitäten und Geo-Mächten », dans *Gesellschaftstheorie im Anthropozän*, Frankfurt, Campus, 2021, p. 55-92.
- BONNEUIL Christophe, « The Geological Turn. Narratives of the Anthropocene », dans Clive Hamilton, Christophe Bonneuil et François Gemenne (éd.), *The Anthropocene and the Global Environmental Crisis*, London ; New York, Routledge, 2015, p. 17-31.
- BONNEUIL Christophe et Jean-Baptiste FRESSOZ, *L'Événement Anthropocène : la Terre, l'histoire et nous*, Paris, Seuil, 2016.

- BONNEUIL Christophe et Pierre-Benoît JOLY, *Sciences, techniques et société*, Paris, La Découverte, 2013.
- BONNEUIL Christophe et Frédéric THOMAS, *Semences, une histoire politique : Amélioration des plantes, agriculture et alimentation en France depuis la Seconde Guerre mondiale*, sans lieu, ECLM, 2012.
- BOUCAND Marie-Hélène, « L'élaboration du diagnostic », dans *Une approche éthique des maladies rares génétiques. Enjeux de reconnaissance et de compétence*, Toulouse, ERES, 2018, p. 123-136.
- BOUDIA Soraya, « Observing the Environmental Turn through the Global Environment Monitoring System », dans Simone Turchetti et Peder Roberts (éd.), *The Surveillance Imperative: Geosciences during the Cold War and Beyond*, New York, Palgrave Macmillan US, 2014, p. 195-212.
- BOUDIA Soraya et Nathalie JAS, « Gouverner un monde contaminé : Les risques techniques, sanitaires et environnementaux », dans Dominique Pestre et Christophe Bonneuil (éd.), *Histoire des sciences et des savoirs. Le siècle des technosciences*, Paris, Éditions du Seuil, 2015, vol. 3/3, p. 381-397.
- BOULE Marcellin et Henri Victor VALLOIS, *Les hommes fossiles : Eléments de paléontologie humaine*, Paris, Masson, 1952.
- BOURG Dominique, « Le nouvel âge de l'écologie », *Le Debat*, n° 113, n° 1, Gallimard, 2001, p. 92-105.
- BOURG Dominique et Gérald HESS, « La géo-ingénierie : réduction, adaptation et scénario du désespoir », *Natures Sciences Sociétés*, Vol. 18, n° 3, 2010, p. 298-304.
- BOWEN Robert, *Isotopes in the Earth Sciences*, London, Chapman & Hall, 1994.
- BOYERES Ferdinand de (éd.), *Encyclopédie générale des deux-mondes*, Paris, Chez l'auteur, 1874.
- BRADSHAW Steve, *Anthropocene*, Documentaire, 2015, 97'.
- BRASSEUR Guy P, Ronald G PRINN et Alexander A.P PSZENNY, *Atmospheric Chemistry in a Changing World : An Integration and Synthesis of a Decade of Tropospheric Chemistry Research*, Berlin, Springer Berlin, coll. « Global Change - The IGBP Series », 2003.
- BRAUDEL Fernand, *La Méditerranée et le monde méditerranéen à l'époque de Philippe II.*, Paris, Colin, 1990, vol. 2/2.
- BRAUDEL Fernand, *La Méditerranée et le monde méditerranéen à l'époque de Philippe II.*, Paris, A. Colin, 1990, vol. 1/2.
- BRAUDEL Fernand, « Histoire et Sciences sociales : La longue durée », *Annales*, vol. 13, n° 4, 1958, p. 725-753.
- BRIDAY Régis, « Qui alimente les études sur la géoingénierie ? Une perspective d'historien des sciences », *Natures Sciences Sociétés*, Vol. 22, n° 2, 9 septembre 2014, p. 124-131.

- BRIDAY Régis et Sébastien DUTREUIL, « Les multiples facettes de l'entrepreneuriat scientifique de James Lovelock dans les années 1960-70 : développement d'instruments, consultance sur les pollutions et hypothèse Gaïa », *Marché et Organisations*, n° 34, janvier 2019, p. 33-60.
- BROECKER Wallace S. et Tsung-Hung PENG, *Tracers in the Sea*, New York, Lamont-Doherty Geological Laboratory, 1982.
- BROECKER Wallace, David THURBER, John GODDARD, Teh-Lung KU, Robert MATTHEWS et Kenneth MESOLELLA, « Milankovitch Hypothesis Supported by Precise Dating of Coral Reefs and Deep-Sea Sediments », *Science*, vol. 159, n° 3812, 1^{er} février 1968, p. 297-300.
- BROOKS Charles Ernest Pelham, *Climate Through the Ages*, London, Ernest Benn Limited, 1950.
- BROWN Lester R, Edward C WOLF et Linda STARKE, *State of the world, 1984: a Worldwatch Institute report on progress toward a sustainable society*, New York, Norton, 1984.
- BROWN Paul, « Obituary: Bert Bolin », *The Guardian*, rubrique « Environment », 9 janvier 2008.
- BRUSH Stephen G., « Should the History of Science Be Rated X?: The way scientists behave (according to historians) might not be a good model for students », *Science*, vol. 183, n° 4130, 22 mars 1974, p. 1164-1172.
- BUCKLAND Adelene, *Novel science: fiction and the invention of nineteenth-century geology*, Chicago ; London, University of Chicago Press, 2013.
- BUCKLAND Franck, *Curiosities of Natural History*, 2^e éd., London, Richard Bentley, 1858.
- BUDYKO Mikhail I., *Climatic Changes*, Washington, D.C, American Geophysical Union, 1977.
- BUDZIKIEWICZ Herbert et Ronald D. GRIGSBY, « Mass spectrometry and isotopes: a century of research and discussion », *Mass Spectrometry Reviews*, vol. 25, n° 1, février 2006, p. 146-157.
- BUFFON Georges Louis Leclerc de, *Les époques de la nature*, Paris, Imprimerie royale, 1780.
- BUFFON Georges Louis Leclerc de, *Histoire naturelle générale et particulière*, Paris, Imprimerie royale, 1764, vol. 12.
- BUFFON Georges Louis Leclerc de, *Histoire naturelle générale et particulière*, Paris, Imprimerie royale, 1759, vol. 1.
- BUREK Cynthia V. et Bettie HIGGS, *The Role of Women in the History of Geology*, London, Geological Society of London, 2007.
- BURKE Kevin D., John W. WILLIAMS, Mark A. CHANDLER, Alan M. HAYWOOD, Dan J. LUNT et Bette L. OTTO-BLIESNER, « Pliocene and Eocene provide best analogs for near-future climates », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, n° 52, 26 décembre 2018, p. 13288-13293.

- BURNOUF Joëlle, Tatiana MUXART, Bruno VILLALBA et Franck-Dominique VIVIEN, « Le passé a de l'avenir : premier bilan de l'appel d'offre « Histoire des interaction sociétés-milieux » et perspectives de recherche », dans Tatiana Muxart, Franck-Dominique Vivien, Bruno Villalba et Joëlle Burnouf (éd.), *Des milieux et des hommes : fragments d'histoires croisées*, Paris, Elsevier Masson, 2004, p. 15-27.
- BUTTEL Frederick H., Ann P. HAWKINS et Alison G. POWER, « From limits to growth to global change: Constraints and contradictions in the evolution of environmental science and ideology », *Global Environmental Change*, vol. 1, n° 1, 1^{er} décembre 1990, p. 57-66.
- CALLENDAR Guy S., « Temperature Fluctuations and Trends over the Earth », *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 87, n° 371, janvier 1961, p. 1-12.
- CALLENDAR Guy S., « On the Amount of Carbon Dioxide in the Atmosphere », *Tellus*, vol. 10, n° 2, 1958, p. 243-248.
- CALLENDAR Guy S., « Can Carbon Dioxide Influence Climate? », *Weather*, vol. 4, n° 10, octobre 1949, p. 310-314.
- CALLENDAR Guy S., « Air Temperature and the Growth of Glaciers », *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 68, n° 293, 1^{er} janvier 1942, p. 57-60.
- CALLENDAR Guy S., « Infra-red Absorption by Carbon Dioxide, with Special Reference to Atmospheric Radiation », *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 67, n° 291, 1941, p. 263-275.
- CALLENDAR Guy S., « Variations of the Amount of Carbon Dioxide in Different Air Currents », *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 66, n° 287, 1940, p. 395-400.
- CALLENDAR Guy S., « The Composition of the Atmosphere through the Ages », *The Meteorological magazine*, n° 74, 1939, p. 33-39.
- CALLENDAR Guy S., « The Artificial Production of Carbon Dioxide and its Influence on Temperature », *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 64, n° 275, 1938, p. 223-240.
- CALLICOTT J. Baird, *Thinking like a planet: the land ethic and the earth ethic*, New York, Oxford University Press, 2013.
- CALLON Michel, « Quatre modèles pour décrire la dynamique de la science », dans Madeleine Akrich, Michel Callon et Bruno Latour (éd.), *Sociologie de la traduction : têtes fondatrices*, Paris, Ecole des mines de Paris, 2006, p. 201-252.
- CANADELL Josep G., D. E. PATAKI et Louis PITELKA (éd.), *Terrestrial Ecosystems in a Changing World*, Chichester ; New York, Wiley-Blackwell, coll. « Global Change - The IGBP Series », 2007.
- CANGUILHEM Georges, « Qu'est-ce qu'une idéologie scientifique? », dans *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie : nouvelles études d'histoire et de philosophie des sciences*, 2^e éd. revue et corrigée, Paris, J. Vrin, coll. « Bibliothèque des textes philosophiques », 2009, 1 vol., p. 39-56. Couv. ill. en coul. 18 cm. Partiellement

extrait de diverses revues et publications, 1970-1977. Index.

CANGUILHEM Georges, *Le Normal et le Pathologique*, Paris, Presses Universitaires de France, 1999.

CANGUILHEM Georges, « L'objet de l'histoire des sciences », dans *Études d'histoire et de philosophie des sciences*, 4^e éd., Paris, Vrin, 1979, p. 9-23.

CANGUILHEM Georges, « Le concept de réflexe au XIX^e siècle », dans *Études d'histoire et de philosophie des sciences*, 4^e éd., Paris, Vrin, coll. « Problèmes et controverses », 1979.

CASEAU Pascal, « De la boucle ouverte « pression-Etat-réponse »... à la boucle complète « nature-société » », *Natures Sciences Sociétés*, vol. 10, n^o 1, 2002, p. 80-84.

CASSELL & COMPANY, *The story of the House of Cassell*, London, Cassell & Company, 1922.

CASTREE Noel, « The Anthropocene and the Environmental Humanities: Extending the Conversation », *Environmental Humanities*, vol. 5, n^o 1, 2014, p. 233-260.

CASTREE Noel, « Crisis, Continuity and Change: Neoliberalism, the Left and the Future of Capitalism », *Antipode*, vol. 41, n^o s1, 2010, p. 185-213.

CAVIN Joëlle Salomon et Dominique BOURG, « Deux conceptions de la durabilité urbaine : ville prométhéenne versus ville orphique », dans *Philosophie de l'environnement et milieux urbains*, Paris, La Découverte, 2010, p. 117-136.

CERTINI Giacomo et Riccardo SCALENGHE, « Is the Anthropocene Really Worthy of a Formal Geologic Definition? », *The Anthropocene Review*, vol. 2, n^o 1, 1^{er} avril 2015, p. 77-80.

CHAKRABARTY Dipesh, « Anthropocene Time », *History and Theory*, vol. 57, n^o 1, 2018, p. 5-32.

CHAKRABARTY Dipesh, « The Climate of History: Four Theses », *Critical Inquiry*, vol. 35, n^o 2, 1^{er} janvier 2009, p. 197-222.

CHAKRABARTY Dipesh, Olivier RUCHET et Nicolas VIEILLECAZES, *Provincialiser l'Europe : La pensée postcoloniale et la différence historique*, Paris, Editions Amsterdam, 2009.

CHAMBERLIN Thomas C., « The Age of the Earth from the Geological Viewpoint », *Proceedings of the American Philosophical Society*, vol. 61, n^o 4, 1922, p. 247-271.

CHAMBERLIN Thomas C., « Investigation versus Propagandism », *The Journal of Geology*, vol. 27, n^o 5, The University of Chicago Press, 1919, p. 305-338.

CHAMBERLIN Thomas C., *The Origin of the Earth*, Chicago, The University of Chicago Press, 1916.

CHAMBERLIN Thomas C., « The Reform of the Calendar », *Science*, vol. 32, n^o 830, 25 novembre 1910, p. 757-759.

CHAMBERLIN Thomas C., « A Geologic Forecast of the Future Opportunities of our Race », *Science*, vol. 30, n^o 783, 31 décembre 1909, p. 937-949.

- CHAMBERLIN Thomas C., « On a Possible Reversal of Deep-Sea Circulation and Its Influence on Geologic Climates », *The Journal of Geology*, vol. 14, n° 5, 1906, p. 363-373.
- CHAMBERLIN Thomas C., « Proposed International Geologic Institute », *The Journal of Geology*, vol. 8, n° 7, The University of Chicago Press, 1900, p. 596-609.
- CHAMBERLIN Thomas C., « Lord Kelvin's Address on the Age of the Earth as an Abode Ditted for Life », *Science*, vol. 9, n° 235, 30 juin 1899, p. 889-901.
- CHAMBERLIN Thomas C., « An Attempt to Frame a Working Hypothesis of the Cause of Glacial Periods on an Atmospheric Basis », *The Journal of Geology*, vol. 7, n° 6, 1899, p. 545-584.
- CHAMBERLIN Thomas C., « The Influence of Great Epochs of Limestone Formation upon the Constitution of the Atmosphere », *The Journal of Geology*, vol. 6, n° 6, 1^{er} septembre 1898, p. 609-621.
- CHAMBERLIN Thomas C., « The Uterior Basis of Time Divisions and the Classification of Geologic History », *The Journal of Geology*, vol. 6, n° 5, 1^{er} juillet 1898, p. 449-462.
- CHAMBERLIN Thomas C., « A Group of Hypotheses Bearing on Climatic Changes », *The Journal of Geology*, vol. 5, n° 7, 1897, p. 653-683.
- CHAMBERLIN Thomas C. et FForest R. MOULTON, « The Development of the Planetesimal Hypothesis », *Science*, vol. 30, n° 775, 5 novembre 1909, p. 642-645.
- CHAMBERLIN Thomas C. et Forest R. MOULTON, « Certain Recent Attempts to Test the Nebular Hypothesis », *Science*, vol. 12, n° 293, 10 août 1900, p. 201-208.
- CHAMBERLIN Thomas C. et Rollin D. SALISBURY, *Introductory Geology: a Textbook for colleges*, New York, H. Holt and co., 1914.
- CHAMBERLIN Thomas C. et Rollin D. SALISBURY, *Geology*, New York, H. Holt and Company, 1904.
- CHANEL Émile, *Dictionnaire de géologie, étymologie, paléontologie, minéralogie*, Bourg, Courrier de l'Ain, 1897.
- CHAPMAN Sydney, « The International Geophysical Year », dans *The Planet Earth*, Oxford, Londres, Edinbourg, New York, Paris, Frankfort, Pergamon Press, 1964, p. 1-13.
- CHARBONNIER Pierre, *Abondance et liberté: Une histoire environnementale des idées politiques*, Paris, La Découverte, 2020.
- CHARTIER Denis et Estienne RODARY, *Manifeste pour une géographie environnementale*, Paris, Presses de Sciences Po, 2016.
- CHATEURAYNAUD Francis, *Argumenter dans un champ de forces: essai de balistique sociologique*, Paris, Pétra, 2011.
- CHATEURAYNAUD Francis et Didier TORNAY, *Les sombres précurseurs: une sociologie pragmatique de l'alerte et du risque*, Paris, Ecole des hautes études en sciences sociales,

1999.

- CHESNEL Adolphe de et Jean-Baptiste-Joseph CHAMPAGNAC, *Dictionnaire de géologie : suivi d'esquisses géologiques et géographiques*, Petit Mont-Rouge, J.-P. Migne, 1849.
- CICERONE Ralph J., « Geoengineering: Encouraging Research and Overseeing Implementation », *Climatic Change*, vol. 77, n° 3, 1^{er} août 2006, p. 221-226.
- CLARE Stephanie, « Geopower: The Politics of Life and Land in Frantz Fanon's Writing », *Diacritics*, vol. 41, n° 4, 2013, p. 60-80.
- CLARK Nigel et Yasmin GUNARATNAM, « Earthing the Anthropos? From 'Socializing the Anthropocene' to Geologizing the Social », *European Journal of Social Theory*, vol. 20, n° 1, 1^{er} février 2017, p. 146-163.
- CLARK William C., « Managing Planet Earth », dans James C. White, William Wagner et Carole N. Beal (éd.), *Global Climate Change: The Economic Costs of Mitigation and Adaptation*, Dordrecht, Springer Netherlands, 1991, p. 1-12.
- CLARK William C., « Managing Planet Earth », *Scientific American*, vol. 261, n° 3, septembre 1989, p. 46-57.
- CLARK William C. et Robert E. MUNN, *Sustainable Development of the Biosphere*, Cambridge, Cambridge University Press, 1986.
- CLARKE Frank W., *The data of geochemistry*, Washington, D.C, Unites States Geological Survey, coll. « Bulletin », 1908.
- CODER V., *Dictionnaire abrégé de géologie*, Marseille, impr. de A. Garry, 1891.
- CODISPOTI Lou A., Jay A. BRANDES, John P. CHRISTENSEN, Allan H. DEVOL, Syed Wajih A. NAQVI, Hans W. PAERL et Tadashi YOSHINARI, « The oceanic fixed nitrogen and nitrous oxide budgets: Moving targets as we enter the anthropocene? », *Scientia Marina*, vol. 65, n° S2, 30 décembre 2001, p. 85-105.
- COHEN Aurélien Gabriel, *Vivre avec le vivant : vers une éthique de la cohabitation*, These en préparation, Paris, Muséum national d'histoire naturelle, sans date. Thèse débutée en 2015.
- COHEN Kim M., Stan C. FINNEY, Philip L. GIBBARD et Jun-Xuan FAN, « The ICS International Chronostratigraphic Chart », *Episodes*, vol. 36, n° 3, International Union of Geological Sciences, 1^{er} septembre 2013, p. 199-204.
- COLLECTIF, « SOS environnement. 2 200 savants s'adressent aux trois milliards et demi de Terriens », *Le Courrier de l'Unesco*, 7 juillet 1971, p. 4-5.
- COMMISSION MONDIALE DE L'ENVIRONNEMENT ET LE DEVELOPPEMENT, *Our Common future*, Oxford, Etats-Unis d'Amérique, 1987.
- COMMISSION OCEANOGRAPHIQUE INTERGOUVERNEMENTALE, *La Décennie internationale de l'exploration océanique (DIEO) 1971-1980*, UNESCO, 1975.

- COMMITTEE ON EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCES, FEDERAL COORDINATING COUNCIL FOR SCIENCE, ENGINEERING, AND TECHNOLOGY, et NATIONAL RESEARCH COUNCIL, *Our changing planet: the FY 1993 U.S. Global Change Research Program*, Washington, D.C., The National Academies Press, 1992.
- COMMITTEE ON EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCES, FEDERAL COORDINATING COUNCIL FOR SCIENCE, ENGINEERING, AND TECHNOLOGY, et NATIONAL RESEARCH COUNCIL, *Our changing planet: the FY 1992 U.S. Global Change Research Program*, Washington, D.C., The National Academies Press, 1991.
- COMMITTEE ON EARTH SCIENCES, *A Strategy for Earth Science From Space in the 1980's and 1990's: Part II: Atmosphere and Interactions with the Solid Earth, Oceans, and Biota*, Washington, D.C., National Research Council, 1985.
- COMMITTEE ON EARTH SCIENCES, *A Strategy for Earth Science from Space in the 1980s: Part I: Solid Earth and Oceans*, Washington, D.C., National Research Council, 1982.
- COMMITTEE ON EARTH SCIENCES (NRC), *Strategy for Earth Explorers in Global Earth Sciences*, Washington, D.C., NASA, Contractor Report, 19900002768, 1988.
- COMMITTEE ON EARTH SCIENCES (NRC), *Our Changing Planet: A U.S. Strategy for Global Change Research : a Report*, Washington, D.C., National Research Council, 1988.
- COMMITTEE ON GLOBAL CHANGE (U.S. NATIONAL COMMITTEE FOR THE IGBP), *Research Strategies for the U.S. Global Change Research Program*, Washington, D.C., National Research Council, 1990.
- COMMITTEE ON GLOBAL CHANGE (U.S. NATIONAL COMMITTEE FOR THE IGBP), *Our Changing Planet: the FY 1991 Research Plan of the U.S. Global Change Research Program*, Washington, D.C., National Research Council, 1990.
- COMMITTEE ON GLOBAL CHANGE (U.S. NATIONAL COMMITTEE FOR THE IGBP), *Toward an Understanding of Global Change: Initial Priorities for U.S. Contributions to the International Geosphere-Biosphere Program*, Washington, D.C., National Research Council, 1988.
- COMMITTEE ON GLOBAL CHANGE (U.S. NATIONAL COMMITTEE FOR THE IGBP), *Toward an International Geosphere-Biosphere Program: A Study of Global Change, Report of a National Research Council Workshop, Woods Hole, Massachusetts, July 25-29, 1983*, Washington, D.C., National Research Council, 1983.
- CONGRES GEOLOGIQUE INTERNATIONAL, *Compte rendu de la quatrième session, Londres, 1888*, Londres, Dulau et cie, 1891.
- CONGRES GEOLOGIQUE INTERNATIONAL, *Compte rendu de la deuxième session (Bologne, 1881)*, Bologne, Imprimerie Fava et Garagnani, 1882.
- CONWAY Erik M., « The International Geophysical Year and Planetary Science », dans Roger D. Launius, James Rodger Fleming et David H. DeVorkin (éd.), *Globalizing polar science: reconsidering the International Polar and Geophysical years*, New York, Palgrave Macmillan, coll. « Palgrave studies in the history of science and technology », 2010, p. 331-342.

- CONWAY Erik M., *Atmospheric Science at NASA: A History*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 2008.
- COSGROVE Carmen P., *Apollo's Eye: A Cartographic Genealogy of the Earth in the Western Imagination*, Baltimore, JHUP, 2003.
- COSGROVE Denis, « Introduction: Project Plowshare », *Ecumene*, vol. 5, n° 3, SAGE Publications, 1^{er} juillet 1998, p. 263-266.
- COSTANZA Robert, Ralph D'ARGE, Rudolf DE GROOT, Stephen FARBER, Monica GRASSO, Bruce HANNON, Karin LIMBURG, Shahid NAEEM, Robert V. O'NEILL, Jose PARUELO, Robert G. RASKIN, Paul SUTTON et Marjan VAN DEN BELT, « The value of the world's ecosystem services and natural capital », *Nature*, vol. 387, n° 6630, mai 1997, p. 253-260.
- COSTANZA Robert, Lisa J. GRAUMLICH et Will STEFFEN (éd.), *Sustainability or Collapse? An Integrated History and Future of People on Earth*, Cambridge, MIT Press, 2007.
- COSTANZA Robert, Lisa J. GRAUMLICH et Will STEFFEN, « Sustainability or Collapse Lessons from Integrating the History of Humans and the Rest of Nature », dans Robert Costanza, Lisa J. Graumlich et Will Steffen (éd.), *Sustainability or Collapse? An Integrated History and Future of People on Earth*, Cambridge, MIT Press, 2007, p. 3-18.
- COSTANZA Robert, Lisa GRAUMLICH, Will STEFFEN, Carole CRUMLEY, John DEARING, Kathy HIBBARD, Rik LEEMANS, Charles REDMAN et David SCHIMEL, « Sustainability or Collapse: What Can We Learn from Integrating the History of Humans and the Rest of Nature? », *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, vol. 36, n° 7, novembre 2007, p. 522-527.
- COURTNEY Stephen, « 'A Very Diadem of Light': Exhibitions in Victorian London, the Parliamentary Light and the Shaping of the Trinity House Lighthouses », *The British Journal for the History of Science*, vol. 50, n° 2, juin 2017, p. 249-265.
- COWEN Robert C., « Has Earth Entered a New Epoch? What Geologists Think. », *Christian Science Monitor*, 7 février 2008, p. 17.
- CRAIG Harmon, « The Natural Distribution of Radiocarbon and the Exchange Time of Carbon Dioxide Between Atmosphere and Sea », *Tellus*, vol. 9, n° 1, 1957, p. 1-17.
- CRAVATTE Jérémie, « Dépasser les limites de la collapsologie », *Ballast*, 27 décembre 2019.
- CREAGER Angela N. H., *Life atomic: a history of radioisotopes in science and medicine*, Chicago, University of Chicago Press, 2015.
- CREAGER Angela N. H., « The industrialization of radioisotopes by the US Atomic Energy Commission », dans Karl Grandin, Nina Wormbs et Sven Widmalm (éd.), *The science-industry nexus: History, policy, implications. Proceedings of Nobel Symposium*, Sagamore Beach, Science History Publications, 2004, p. 141-167.
- CRONON William (éd.), *Uncommon Ground: Rethinking the Human Place in Nature*, New York, Norton & Co, 1995.

- CRONON William, « The Trouble with Wilderness; or, Getting Back to the Wrong Nature », dans William Cronon (éd.), *Uncommon Ground: Rethinking the Human Place in Nature*, New York, Norton & Co, 1995, p. 69-90.
- CROSBY Alfred W., *The Columbian exchange: biological and cultural consequences of 1492*, Westport, Conn, Praeger, 2003.
- CROSSLAND Christopher J., Hartwig KREMER, Han J. LINDEBOOM, Janet I. Marschall CROSSLAND et Martin D. A. LE TISSIER (éd.), *Coastal Fluxes in the Anthropocene*, Berlin, Springer, coll. « Global Change - The IGBP Series », 2005.
- CROZAZ Ghislaine, Chester C. LANGWAY et Edgar PICCIOTTO, « Artificial Radioactivity Reference Horizons in Greenland Firn », *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 1, n° 1, 1^{er} janvier 1966, p. 42-48.
- CRUTZEN Paul, « The “anthropocene” », *Journal de Physique IV (Proceedings)*, vol. 12, n° 10, novembre 2002, p. 1-5.
- CRUTZEN Paul et John BIRKS, « The Atmosphere after a Nuclear War: Twilight at Noon », *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, vol. 11, n° 2/3, 1982, p. 114-125.
- CRUTZEN Paul J., « La géologie de l’humanité : l’Anthropocène », Jacques Grinevald (trad.), *Ecologie & politique*, N°34, n° 1, 2007, p. 141-148.
- CRUTZEN Paul J., « Albedo Enhancement by Stratospheric Sulfur Injections: A Contribution to Resolve a Policy Dilemma? », *Climatic Change*, vol. 77, n° 3-4, 1^{er} septembre 2006, p. 211-220.
- CRUTZEN Paul J., « The Anthropocene : the Current Human-Dominated Geological Era », dans Pontificia Accademia delle scienze (éd.), *Paths of Discovery: Plenary session, 5-8 November 2004.*, Vatican, Pontificia Academia Scientiarum, 2006, p. 199-211.
- CRUTZEN Paul J., « Human Impact On Climate Has Made This the “Anthropocene Age” », *New Perspectives Quarterly*, vol. 22, n° 2, mars 2005, p. 14-16.
- CRUTZEN Paul J., « Anti-Gaïa », dans W. L. Steffen, Angelina Sanderson, Peter D. Tyson, Jill Jäger, Pamela Matson, Berrien Moore III, Frank A. Oldfield, Katherine Richardson, Hans J. Schellnhuber, B. L. Turner II et Robert J. Wasson (éd.), *Global change and the Earth system: a planet under pressure*, Berlin ; New York, Springer, coll. « Global Change - The IGBP Series », 2004, p. 72.
- CRUTZEN Paul J., « Atmospheric Chemistry in the “Anthropocene” », dans Will Steffen, Jill Jäger, David J Carson et Clare Bradshaw (éd.), *Challenges of a Changing Earth: Proceedings of the Global Change Open Science Conference, Amsterdam, the Netherlands, 10-13 July 2001*, Berlin, Heidelberg, Springer, 2003, p. 45-55.
- CRUTZEN Paul J., « The Effects of Industrial and Agricultural Practices on Atmospheric Chemistry and Climate During the Anthropocene », *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, vol. 37, n° 4, 14 mai 2002, p. 423-424.
- CRUTZEN Paul J., « Geology of Mankind », *Nature*, vol. 415, n° 6867, 3 janvier 2002, p. 23.

- CRUTZEN Paul J., « My Life with O₃, NO_x, and Other YZOX Compounds (Nobel Lecture) », *Angewandte Chemie International Edition in English*, vol. 35, n° 16, 6 septembre 1996, p. 1758-1777.
- CRUTZEN Paul J., Michael D. MASTRANDREA, Stephen H. SCHNEIDER, Mike DAVIS et Peter SLOTERDIJK, « The Spacecraft Earth Has no Emergency Exit: Energy and Politics in the Anthropocene », 1^{er} juillet 2011 (en ligne : <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/21488300> ; consulté le 14 novembre 2021).
- CRUTZEN Paul J. et Veerabhadran RAMANATHAN, « Atmospheric Chemistry and Climate in the Anthropocene: Where are we Heading ? », dans Hans J. Schellnhuber, William C. Clark et Paul J. Crutzen (éd.), *Earth system analysis for sustainability*, Cambridge, Mass, MIT Press in cooperation with Dahlem University Press, coll. « Dahlem Workshop Reports », 2004, p. 265-292.
- CRUTZEN Paul J. et Veerabhadran RAMANATHAN, « The Ascent of Atmospheric Sciences », *Science*, vol. 290, n° 5490, 13 octobre 2000, p. 299-304.
- CRUTZEN Paul J. et Eugene STOERMER, « The Anthropocene », *Global Change: IGP Newsletter*, n° 41, mai 2000, p. 17-18.
- CRUTZEN Paul et Will STEFFEN, « How Long Have We Been in the Anthropocene Era? », *Climatic Change*, vol. 61, décembre 2003, p. 251-257.
- DAHAN Amy et Dominique PESTRE, *Les sciences pour la guerre : 1940-1960*, Paris, Editions EHESS, 2004.
- DANA James D., *Manual of Geology, Treating of the Principles of the Science, with Special Reference to American Geological History, for the Use of Colleges, Academies, and Schools of Science*, Philadelphia & London, T. Bliss & co., 1863.
- DANA James D., « The Classification of Animals Based on the Principle of Cephalisation », *American Journal of Science*, vol. s2-36, n° 108, 1863, p. 321-352.
- DANOWSKI Déborah et Eduardo VIVEIROS DE CASTRO, « L'Arret de Monde », dans Émilie Hache (éd.), *De l'Univers clos au monde infini*, Paris, Dehors, 2014, p. 221-340.
- DANSGAARD Willi, *Frozen annals: Greenland ice cap research*, Odder, Narayana Press, 2004.
- DANSGAARD Willi, « The Abundance of O₁₈ in Atmospheric Water and Water Vapour », *Tellus*, vol. 5, n° 4, 1953, p. 461-469.
- DANSGAARD Willi, Henrik B. CLAUSEN et Asker AARKROG, « Evidence for Bomb-Produced Silicon 32 », *Journal of Geophysical Research (1896-1977)*, vol. 71, n° 22, 1966, p. 5474-5477.
- DANSGAARD Willi, Henrik B. CLAUSEN, Niels GUNDESTRUP, Claus U. HAMMER, Sigfus F. JOHNSEN, P. M. KRISTINSDOTTIR et N. REEH, « A New Greenland Deep Ice Core », *Science*, vol. 218, n° 4579, 24 décembre 1982, p. 1273-1277.
- DANSGAARD Willi, S. J. JOHNSEN, Claus U. CLAUSEN et Chester C. LANGWAY, « Speculations about the next glaciation », *Quaternary Research*, vol. 2, n° 3, 1^{er} novembre 1972,

p. 396-398.

DANSGAARD Willi, Sigfus J. JOHNSEN, J. MØLLER et Chester C. LANGWAY, « One Thousand Centuries of Climatic Record from Camp Century on the Greenland Ice Sheet », *Science*, vol. 166, n° 3903, 17 octobre 1969, p. 377-380.

DARIER Eric, *Discourses of the Environment*, Oxford ; Malden, Wiley-Blackwell, 1998.

DASTON Lorraine et Peter GALISON, *Objectivité*, Sophie Renaut et Hélène Quiniou (trad.), Dijon, Les Presses du réel, 2012.

DASTON Lorraine et Katharine PARK, *Wonders and the Order of Nature, 1150-1750*, New York, Zone Books, 2001.

DAVIS Diana K., *Les mythes environnementaux de la colonisation française au Maghreb*, Grégory Quenet (trad.), Seyssel, Champ vallon, 2012. Country: FRill., couv. ill. en coul. 22 cm. Bibliogr. p. 305-329.

DAVIS Robert, « Inventing the Present: Historical Roots of the Anthropocene », *Earth Sciences History*, vol. 30, n° 1, décembre 2011, p. 63-84.

DAY Frank Henry, *The chemical elements in nature*, London, Harrap, 1963.

DE WEVER Patrick, « Anthropocène : sujet géologique ou sociétal ? », *Le Monde*, rubrique « Sciences et Médecine », 14 septembre 2016, p. 7.

DE WEVER Patrick et Stan FINNEY, « Pourquoi vouloir imposer l'Anthropocène ? », *The Conversation*, 22 février 2017.

DEBORD Guy, « La planète malade », dans *La planète malade*, Paris, Gallimard, 2004, p. 77-94.

DEBOURDEAU Ariane (éd.), *Les grands textes fondateurs de l'écologie*, Paris, Flammarion, 2013.

DEESE R. S., « The Artifact of Nature: 'Spaceship Earth' and the Dawn of Global Environmentalism », *Endeavour*, vol. 33, n° 2, 1^{er} juin 2009, p. 70-75.

DELEAGE Jean-Paul, *Une histoire de l'écologie*, Paris, Seuil, 1994.

DEMOULE Jean-Paul, *Les dix millénaires oubliés qui ont fait l'Histoire: Quand on inventa l'agriculture, la guerre et les chefs*, Paris, Fayard/Pluriel, 2019.

DENNIS Michael Aaron, « Postscript: Earthly Matters: On the Cold War and the Earth Sciences », *Social Studies of Science*, vol. 33, n° 5, 2003, p. 809-819.

DEPARTMENT OF COMMERCE, DEPARTMENT OF DEFENSE, DEPARTMENT OF STATE, DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, ATOMIC ENERGY COMMISSION, NASA, et NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, *World weather program: Plan for fiscal year 1972*, Government Printing Office, 1971.

DESCOLA Philippe, « Humain, trop humain », *Esprit*, Décembre, n° 12, 2015, p. 8-22.

- DESCOLA Philippe, *Par-delà nature et culture*, Paris, Gallimard, 2005.
- DEVICTOR Vincent, *La Prise en charge technoscientifique de la crise de la biodiversité*, These de doctorat, Paris, Paris 1, 2018.
- DEWEY John, « Le postulat de l'empirisme immédiat », Stéphane Madelrieux (trad.), *Critique*, n° 787, 28 décembre 2012, p. 1014-1025.
- DEWEY John, *Le Public et ses problèmes*, Joëlle Zask (trad.), Paris, Gallimard, 2010.
- DEYOUNG Ursula, *A Vision of Modern Science: John Tyndall and the Role of the Scientist in Victorian Culture*, New York, Palgrave Macmillan, 2011.
- DI CASTRI Francesco, *Report of the Ad Hoc Working Group on Terrestrial Ecosystems and Atmospheric Interactions*, Paris, ICSU, 1986.
- DIAMOND Jared, *Effondrement: comment les sociétés décident de leur disparition ou de leur survie*, Agnès Botz et Jean-Luc Fidel (trad.), Paris, Gallimard, 2013.
- DIBLEY Ben, « 'The Shape of Things to Come' : Seven Theses on the Anthropocene and Attachment », *Australian Humanities Review*, vol. 52, 2012, p. 139-153.
- DOEL Ronald E., « Quelle place pour les sciences de l'environnement physique dans l'histoire environnementale ? », *Revue d'histoire moderne contemporaine*, n° 56-4, n° 4, 2009, p. 137-164.
- DOEL Ronald E., « Constituting the Postwar Earth Sciences: The Military's Influence on the Environmental Sciences in the USA after 1945 », *Social Studies of Science*, vol. 33, n° 5, 2003, p. 635-666.
- DOEL Ronald E., « Scientists as Policymakers, Advisors, and Intelligence Agents: Linking Contemporary Diplomatic History with the History of Contemporary Science », dans Thomas Söderqvist (éd.), *The historiography of contemporary science and technology*, Amsterdam, Harwood academic, 1997, p. 215-243.
- DÖRRIES Matthias, « The Politics of Atmospheric Sciences: "Nuclear Winter" and Global Climate Change », *Osiris*, vol. 26, n° 1, 1^{er} janvier 2011, p. 198-223.
- DOSSE François, « De l'usage raisonné de l'anachronisme », *Espace Temps*, vol. 87, n° 1, 2005, p. 156-171.
- DOTTO Lydia, *Planet Earth in Jeopardy: Environmental Consequences of Nuclear War*, Chichester ; New York, John Wiley & Sons, 1986.
- DOUGHTY Christopher E., Adam WOLF et Christopher B. FIELD, « Biophysical Feedbacks Between the Pleistocene Megafauna Extinction and Climate: The First Human-Induced Global Warming? », *Geophysical Research Letters*, vol. 37, n° 15, 2010, p. L15703.
- DRYZEK John S., « Institutions for the Anthropocene: Governance in a Changing Earth System », *British Journal of Political Science*, vol. 46, n° 4, Cambridge University Press, octobre 2016, p. 937-956.

- DUMONT Rene, *L'Utopie ou la Mort*, Paris, Points, 2020.
- DUNBAR Carl Owen et John RODGERS, *Principles of stratigraphy*, New York, John Wiley & Sons, 1957.
- DUTREUIL Sébastien, « L'Anthropocène est-il un concept d'histoire de la Terre ? », dans Rémi Beau et Catherine Larrère (éd.), *Penser l'Anthropocène*, Paris, Presses de Sciences Po, 2018, p. 355-374.
- DUTREUIL Sébastien, « James Lovelock, Gaïa et la pollution : un scientifique entrepreneur à l'origine d'une nouvelle science et d'une philosophie politique de la nature », *Zilsel*, N° 2, n° 2, 8 septembre 2017, p. 19-61.
- DUTREUIL Sébastien, *Gaïa : hypothèse, programme de recherche pour le système terre, ou philosophie de la nature ?*, Thèse de doctorat, Paris, Paris 1, 2016.
- EARTH SYSTEM SCIENCES COMMITTEE (ESSC), *Earth System Science: A Closer View*, Washington, DC, NASA, 1988.
- EARTH SYSTEM SCIENCES COMMITTEE (ESSC), *Earth System Science Overview: A Program for Global Change*, Washington, D.C, NASA, Technical Memorandum, 19890013598, 1986.
- EDDY John A., « Historical Evidence for the Existence of the Solar Cycle », *The Solar Output and its Variation*, 1977, p. 51-71.
- EDENHOFER Ottmar, Ramón PICHES MADRUGA, Youba SOKONA, Christopher FIELD, Vicente BARROS, Thomas F. STOCKER, Qin DAHE, Jan MINX, Katharine MACH, Gian-Kasper PLATTNER, Steffen SCHLÖMER, Gerrit HANSEN et Michael MASTRANDREA, *IPCC Expert Meeting on Geoengineering: Lima, Peru, 20-22 June 2011*, Lima, Peru, IPCC, coll. « Meeting Report », 2012.
- EDENHOFER Ottmar, Ramón PICHES-MADRUGA et Youba SOKONA (éd.), *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change: Working Group III Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, New York, Cambridge University Press, 2014.
- EDWARDS Lucy, « What Is the Anthropocene? », *Eos*, 30 novembre 2015 (en ligne : <https://eos.org/opinions/what-is-the-anthropocene> ; consulté le 1^{er} octobre 2018).
- EDWARDS Paul N., *A vast machine: computer models, climate data, and the politics of global warming*, Cambridge & London, MIT Press, 2013.
- EDWARDS Paul N., « Representing the Global Atmosphere: Computer Models, Data, and Knowledge about Climate Change », dans Clark A. Miller et Paul N. Edwards (éd.), *Changing the Atmosphere: Expert Knowledge and Environmental Governance*, Cambridge, Mass., MIT Press, 2001, p. 31-66.
- EDWARDS Paul N. et Clark MILLER (éd.), *Changing the Atmosphere: Expert Knowledge and Environmental Governance*, Cambridge, Mass., MIT Press, 2011.
- EKHOLM Nils, « On the Variations of the Climate of the Geological and Historical Past and

- Their Causes », *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, vol. 27, n° 117, 1899 1901, p. 1-62.
- EKWURZEL Brenda, James BONEHAM, M. W. DALTON, Richard HEEDE, Roberto J. MERA, Myles R. ALLEN et Peter C. FRUMHOFF, « The Rise in Global Atmospheric CO₂, Surface Temperature, and Sea Level from Emissions Traced to Major Carbon Producers », *Climatic Change*, vol. 144, n° 4, 1^{er} octobre 2017, p. 579-590.
- ELICHIRIGOITY Fernando, *Planet Management: Limits to Growth, Computer Simulation, and the Emergence of Global Spaces*, Evanston, Northwestern University Press, 1999.
- ELLIS Erle, « Stop Trying to Save the Planet », sur *Wired*, 5 juin 2009.
- ELLIS Erle C., Dorian Q. FULLER, Jed O. KAPLAN et Wayne G. LUTTERS, « Dating the Anthropocene: Towards an Empirical Global History of Human Transformation of the Terrestrial Biosphere », *Elementa: Science of the Anthropocene*, vol. 1, n° 1, 4 décembre 2013, p. 000018.
- ELLIS Erle C., Kees KLEIN GOLDEWIJK, Stefan SIEBERT, Deborah LIGHTMAN et Navin RAMANKUTTY, « Anthropogenic Transformation of the Biomes, 1700 to 2000 », *Global Ecology and Biogeography*, vol. 19, n° 5, 1^{er} septembre 2010, p. 589-606.
- ELLIS Erle C., Rong Gang LI, Lin Zhang YANG et Xu CHENG, « Long-term Change in Village-Scale Ecosystems in China Using Landscape and Statistical Methods », *Ecological Applications*, vol. 10, n° 4, août 2000, p. 1057-1073.
- ELLIS Erle C et Navin RAMANKUTTY, « Putting People in the Map: Anthropogenic Biomes of the World », *Frontiers in Ecology and the Environment*, vol. 6, n° 8, octobre 2008, p. 439-447.
- ELLIS Erle C., Hongqing WANG, Hong Sheng XIAO, Kui PENG, Xin Ping LIU, Shou Cheng LI, Hua OUYANG, Xu CHENG et Lin Zhang YANG, « Measuring Tong-Term Ecological Changes in Densely Populated Landscapes Using Current and Historical High Resolution Imagery », *Remote Sensing of Environment*, vol. 100, n° 4, février 2006, p. 457-473.
- ELLIS Erle, Mark MASLIN, Nicole BOIVIN et Andrew BAUER, « Involve Social Scientists in Defining the Anthropocene », *Nature*, vol. 540, n° 7632, 7 décembre 2016, p. 192-193.
- ELLSWORTH HUNTINGTON, *The Human Habitat*, New York, D. Van Nostrand Company, 1927.
- ELLSWORTH HUNTINGTON, *World Power And Evolution*, New Haven, Yale University Press, 1919.
- ELLSWORTH HUNTINGTON, *Civilization and Climate*, New Haven, Yale University Press, 1915.
- ELZINGA Aant, « Antarctica, the Construction of a Continent by and for Science », dans Elisabeth Crawford, Terry Shinn et Sverker Sörlin (éd.), *Denationalizing Science: The Contexts of International Scientific Practice*, Washington, D.C, Springer, 1993, p. 73-106.
- EMILIANI Cesare, « The Cause of the Ice Ages », *Earth and Planetary Science Letters*, vol. 37,

- n° 3, 1^{er} janvier 1978, p. 349-354.
- EMILIANI Cesare, « Isotopic Paleotemperatures », *Science*, vol. 154, n° 3751, 18 novembre 1966, p. 851-857.
- EMILIANI Cesare, « Temperature and Age Analysis of Deep-Sea Cores », *Science*, vol. 125, n° 3244, 1957, p. 383-387.
- EMMETT Robert S. et David E. NYE, *The Environmental Humanities: a Critical Introduction*, Cambridge, Mass, MIT Press, 2017.
- EOS SCIENCE STEERING COMMITTEE (NASA), *From Pattern to Process: The Strategy of the Earth Observing System*, Washington, D.C., NASA, 1987, vol. 2.
- ESTEBANEZ Jean, « Le zoo comme dispositif spatial : mise en scène du monde et de la juste distance entre l'humain et l'animal », *L'Espace géographique*, Vol. 39, n° 2, 7 juillet 2010, p. 172-179.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY et FEDERAL OFFICE FOR THE ENVIRONMENT, *Is Europe Living Within the Limits of Our Planet? An Assessment of Europe's Environmental Footprints in Relation to Planetary Boundaries*, Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2020.
- FAGOT-LARGEAULT Anne, « 2. Calcul des chances et diagnostic médical », dans *Médecine et philosophie*, Paris, Presses Universitaires de France, 2010, p. 35-61.
- FAIRBRIDGE Rhodes W., « History of Paleoclimatology », dans Vivien Gornitz (éd.), *Encyclopedia of Paleoclimatology and Ancient Environments*, Dordrecht, Springer Netherlands, 2009, p. 414-428.
- FAIRBRIDGE Rhodes Whitmore, *The Encyclopedia of Geomorphology*, New York, Reinhold Book Corporation, 1968.
- FAIRCHILD Ian J., « Entretien avec I. Fairchild », entretien réalisé par Pierre de Jouvancourt, 11 janvier 2018.
- FAIRCHILD Ian J. et Silvia FRISIA, « Definition of the Anthropocene: a View From the Underworld », *London Geological Society, Special Publications*, vol. 395, n° 1, 14 mai 2014, p. 239-254.
- FALKOWSKI, PAUL G. P., Robert SCHOLLES, Edward BOYEL, Josep CANADELL, Donald E. CANFIELD, James ELSER, Nicolas GRUBER, Kathy A. HIBBARD, Peter HÖGBERG, Sune LINDER, Fred T. MACKENZIE, Berrien MOORE III, Thomas F. PEDERSEN, Yair ROSENTHAL, Sybil P. SEITZINGER, Victor S. SMETACEK et Will STEFFEN, « The Global Carbon Cycle: A Test of Our Knowledge of Earth as a System », *Science*, vol. 290, n° 5490, 13 octobre 2000, p. 291-296.
- FASHAM Michael J. R., *Ocean Biogeochemistry The Role of the Ocean Carbon Cycle in Global Change*, Berlin, Springer Berlin, coll. « Global Change - The IGBP Series », 2003.
- FEDERAU Alexander, *Pour une philosophie de l'Anthropocène*, Paris, Presses universitaires de France, 2017.

- FEDERAU Alexander, *Philosophie de l'Anthropocène. Interprétations et épistémologie*, Thèse de doctorat, Lausanne et Dijon, Université de Lausanne et Université de Bourgogne, 2016.
- FEDIAEVSKY Alexandre, « Aperçu de la vulgarisation géologique de 1860 à 1888 », *Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie*, vol. 3, 1^{er} janvier 1985, p. 75-83.
- FELLI Romain, *La grande adaptation: climat, capitalisme et catastrophe*, Paris, Seuil, 2016.
- FERSMAN Alexander E., *Geochemistry for Everyone*, David A. Myshne (trad.), Moscow, Foreign Languages Publishing House, 1958.
- FEYERABEND Paul, *Dialogues sur la connaissance*, Baudouin Jurdant (trad.), Paris, Editions du Seuil, coll. « Science Ouverte », 1996.
- FEYERABEND Paul, *Contre la méthode : Esquisse d'une théorie anarchiste de la connaissance*, Baudouin Jurdant et Agnès Schlumberger (trad.), Paris, Points, 1988.
- FIGUIER Louis, *La terre avant le déluge*, 4^e éd., Paris, Hachette, 1864.
- FINNEY Stan C., « The “Anthropocene” as a Ratified Unit in the ICS International Chronostratigraphic Chart: Fundamental Issues that Must be Addressed by the Task Group », *Geological Society, London, Special Publications*, vol. 395, n° 1, 14 mai 2014, p. 23-28.
- FINNEY Stanley C. et Lucy E. EDWARDS, « The “Anthropocene” Epoch: Scientific Decision or Political Statement? », *GSA Today*, vol. 26, n° 3, 1^{er} mars 2016, p. 4-10.
- FLECK Ludwik, *Genèse et développement d'un fait scientifique*, Nathalie Jas (trad.), Paris, Flammarion, 2008.
- FLEMING James R., *Fixing the Sky: the Checkered History of Weather and Climate Control*, New York, Columbia University Press, 2010.
- FLEMING James R., *The Callendar Effect: the Life and Times of Guy Stewart Callendar (1898-1964), the Scientist who Established the Carbon Dioxide Theory of Climate Change*, Boston (Mass.), American Meteorological Society, 2007.
- FLEMING James R., « T. C. Chamberlin, Climate Change, and Cosmogony », *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, vol. 31, n° 3, septembre 2000, p. 293-308.
- FLEMING James R., *Historical Perspectives on Climate Change*, New York, Oxford University Press, 1998.
- FLINT Richard Foster, *Glacial Geology And The Pleistocene Epoch*, London ; New York, Chapman & Hall ; John Wiley And Sons, 1947.
- FLORINI Ann, « The Next Giant Leap in Space », *Space Policy*, vol. 2, n° 4, 1^{er} novembre 1986, p. 302-306.
- FOLCH José, Maria J. COCERO, Patrick CHESNÉ, José L. ALABART, V. DOMÍNGUEZ, Yves

- COGNÉ, A. ROCHE, A. FERNÁNDEZ-ÁRIAS, J. I. MARTÍ, P. SÁNCHEZ, E. ECHEGOYEN, J. F. BECKERS, A. Sánchez BONASTRE et X. VIGNON, « First Birth of an Animal From an Extinct Subspecies (*Capra pyrenaica pyrenaica*) by Cloning », *Theriogenology*, vol. 71, n° 6, 1^{er} avril 2009, p. 1026-1034.
- FOLEY Stephen F., Detlef GRONENBORN, Meinrat O. ANDREAE, Joachim W. KADEREIT, Jan ESPER, Denis SCHOLZ, Ulrich PÖSCHL, Dorrit E. JACOB, Bernd R. SCHÖNE, Rainer SCHREG, Andreas VÖTT, David JORDAN, Jos LELIEVELD, Christine G. WELLER, Kurt W. ALT, Sabine GAUDZINSKI-WINDHEUSER, Kai-Christian BRUHN, Holger TOST, Frank SIROCKO et Paul J. CRUTZEN, « The Palaeoanthropocene: The Beginnings of Anthropogenic Environmental Change », *Anthropocene*, vol. 3, novembre 2013, p. 83-88.
- FORD Caroline, *Naissance de l'écologie*, Beatrice Commenge (trad.), Paris, Alma Editeur, 2018.
- FORMAN Paul, « Recent Science: Late-Modern and Post-Modern », dans Thomas Söderqvist (éd.), *The Historiography of Contemporary Science and Technology*, Amsterdam, Harwood academic, coll. « Studies in the history of science, technology and medicine », n° 4, 1997, p. 179-213.
- FOUCAULT Alain et Jean-François RAOULT, *Dictionnaire de géologie : géophysique, Préhistoire, paléontologie, pétrographie, minéralogie*, Paris, Dunod, 2010.
- FOUCAULT Michel, *L'Archéologie du savoir*, Paris, Gallimard, 2008.
- FOUCAULT Michel, *Naissance de la biopolitique. Cours au Collège de France (1978-1979)*, Paris, EHESS ; Gallimard ; Seuil, 2004.
- FOUCAULT Michel, *Surveiller et punir : naissance de la prison*, Paris, Gallimard, 2003.
- FOUCAULT Michel, « Qu'est-ce que les lumières ? », dans *Dits et écrits II (1976 - 1988)*, Paris, Gallimard, 2001, p. 1498-1507.
- FOUCAULT Michel, « Le jeu de Michel Foucault », dans *Dits et écrits II (1976 - 1988)*, Paris, Gallimard, 2001, p. 298-329.
- FOUCAULT Michel, « Polémique, politique et problématisations », dans *Dits et écrits II (1976 - 1988)*, Paris, Gallimard, 2001, p. 1410-1417.
- FOUCAULT Michel, « La grande colère des faits », dans *Dits et écrits II (1976 - 1988)*, Paris, Gallimard, 2001, p. 277-281.
- FOUCAULT Michel, *Naissance de la clinique*, Paris, Presses Universitaires de France, 2000.
- FOUCAULT Michel, *Histoire de la sexualité, t. 1 : La Volonté de savoir*, Paris, Gallimard, 1994.
- FOUCAULT Michel, *Les Mots et les choses : une archéologie des sciences humaines*, Paris, Gallimard, 1990.
- FOUCAULT Michel, *L'ordre du discours: Leçon inaugurale au Collège de France prononcée le 2 décembre 1970*, Paris, Gallimard, 1971.

- FOURIER Jean Baptiste Joseph, « Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires », dans *Œuvres de Fourier*, Paris, Gauthier-Villars et fils, 1888, vol. 2, p. 97-125.
- FOURIER Jean Baptiste Joseph, « Théorie du mouvement de la chaleur dans les corps solides », dans *Œuvres de Fourier*, Paris, Gauthier-Villars et fils, 1888, vol. 2, p. 3-94.
- FOURIER Jean Baptiste Joseph, *Œuvres de Fourier*, Gaston Darboux (éd.), Paris, Gauthier-Villars et fils, 1888, vol. 2.
- FOURIER Jean Baptiste Joseph, « Mémoire sur le refroidissement séculaire du globe terrestre », dans *Œuvres de Fourier*, Paris, Gauthier-Villars et fils, 1888, vol. 2, p. 272-290.
- FOURIER Jean Baptiste Joseph, *Théorie analytique de la chaleur*, Paris, Firmin Didot, père et fils, 1822.
- FOURIER Joseph, « Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires », *Annales de chimie et de physique*, vol. 27, 1827, p. 569-604.
- FOX Robert, « Théologie naturelle et géologie à l'époque de William Buckland », *Travaux du Comité français d'Histoire de la Géologie*, vol. 3, 1^{er} janvier 2001, p. 89-105.
- FRANK David John, « Science, Nature, and the Globalization of the Environment, 1870-1990 », *Social Forces*, vol. 76, n° 2, Oxford University Press, 1997, p. 409-435.
- FRESSOZ Jean-Baptiste, « L'Anthropocène et l'esthétique du sublime », *Mouvements*, 16 septembre 2016.
- FRESSOZ Jean-Baptiste, *L'Apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique*, Paris, Seuil, 2012.
- FRESSOZ Jean-Baptiste, « Eugène Huzar et la genèse de la société du risque », dans *La fin du monde par la science*, Alfortville, Ere, 2008, p. 7-36.
- FRESSOZ Jean-Baptiste, Frédéric GRABER, Fabien LOCHER et Grégory QUENET, *Introduction à l'histoire environnementale*, Paris, La Découverte, 2014.
- FRESSOZ Jean-Baptiste et Fabien LOCHER, *Les révoltes du ciel. Une histoire du changement climatique XVe-XXe siècles*, Paris, Seuil, 2020.
- FRESSOZ Jean-Baptiste et Fabien LOCHER, « L'agir humain sur le climat et la naissance de la climatologie historique, XVIIe-XVIIIe siècles », *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, n° 62-1, 11 juin 2015, p. 48-78.
- FRESSOZ Jean-Baptiste et Fabien LOCHER, « Le climat fragile de la modernité », *La Vie des idées*, 20 avril 2010.
- FRIEDMAN Herbet, « The Science of Global Change – An Overview », dans Thomas F. Malone et Juan G. Roederer (éd.), *Global Change: The Proceedings of a Symposium Sponsored by the International Council of Scientific Unions (ICSU), Held During Its 20th General Assembly in Ottawa, Canada, on September 25, 1984*, Cambridge ; New York, ICSU Press, coll. « ICSU Press symposium series », n° 5, 1985, p. 20-52.

- FUREIX Emmanuel et François JARRIGE, *La modernité désenchantée : Relire l'histoire du XIXe siècle français*, Paris, La Découverte, 2015.
- GAIM, « John Schellnhuber to Chair GAIM », *Research GAIM*, vol. 3, n° 2, 2000, p. 1.
- GALE Stephen J. et Philip G. HOARE, « The Stratigraphic Status of the Anthropocene », *The Holocene*, vol. 22, n° 12, 6 juillet 2012, p. 1491-1494.
- GALISON Peter et Bruce William HEVLY (éd.), *Big Science: The Growth of Large-scale Research*, Stanford, Stanford University Press, 1992.
- GALUS Christiane, « La Terre est entrée dans une nouvelle ère géologique : l'« anthropocène » », *Le Monde*, 9 janvier 2008, p. 8.
- GALUS Christiane, « La Terre, malade de l'homme », *Le Monde*, 21 juin 2004, p. 14.
- GARP, *Report of the Planning Conference on First Garp Global Experiment*, Genève, ICSU, WMO, GARP Special Report, 8, 1972. Report Number :8Report type:GARP Special Report.
- GARY Margaret, *Glossary of Geology*, Washington, American Geological Institute, 1973.
- GATES William Lawrence, « AMIP : the Atmospheric Model Intercomparison Project », *Bulletin of American Meteorological Society*, vol. 73, n° 12, décembre 1992, p. 1962-1970.
- GEOSECS OPERATIONS GROUP, *The GEOSECS Program : the Objectives, the Plan, the Benefits*, Washington, D.C, 1974.
- GERSON Nathaniel C., « From Polar Years to IGY », dans Helmut E. Landsberg et Jacques Van Mieghem (éd.), *Advances in Geophysics*, London ; New York, Academic Press, 1958, vol. 5, p. 1-52.
- GERVAIS Paul, « Sur la répartition des mammifères fossiles entre les différents étages tertiaires qui concourent à former le sol de la France », *Mémoires de la section des sciences de l'Académie des sciences et des lettres de Montpellier*, 1850, p. 399-413.
- GHILAROV Alexej M., « Vernadsky's Biosphere Concept: An Historical Perspective », *The Quarterly Review of Biology*, vol. 70, n° 2, juin 1995, p. 193-203.
- GHOSH Amitav, *Le grand dérangement: d'autres récits à l'ère de la crise climatique*, Morgane Iserte et Nicolas Haeringer (trad.), Marseille, Wildproject, 2021.
- GIBBARD Philip L. et John LEWIN, « Partitioning the Quaternary », *Quaternary Science Reviews*, vol. 151, 1^{er} novembre 2016, p. 127-139.
- GIBBARD Philip L. et Mike J. WALKER, « The Term "Anthropocene" in the Context of Formal Geological Classification », *London Geological Society, Special Publications*, vol. 395, n° 1, 14 mai 2014, p. 29-37.
- GIDDENS Anthony, *The consequences of modernity*, Cambridge, Polity Press, 2008.

- GLACKEN Clarence J., *Traces on the Rhodian Shore; Nature and Culture in Western Thought from Ancient Times to the End of the Eighteenth Century*, Berkeley, University of California Press, 1967.
- GLIKSON Andrew, « Fire and Human Evolution: The Deep-Time Blueprints of the Anthropocene », *Anthropocene*, vol. 3, novembre 2013, p. 89-92.
- GLOBAL TROPOSPHERIC CHEMISTRY PANEL, *Global Tropospheric Chemistry: A plan for Action*, Washington, D.C., National Research Council, 1984.
- GOLDSCHMIDT Victor M., « The Principles of Distribution of Chemical Elements in Minerals and Rocks. The Seventh Hugo Müller Lecture, Delivered Before the Chemical Society on March 17th, 1937 », *Journal of the Chemical Society*, The Royal Society of Chemistry, 1^{er} janvier 1937, p. 655-673.
- GOODNIGHT G. Thomas, « Ronald Reagan's Re-Formulation of the Rhetoric of War: Analysis of the "Zero Option," "Evil Empire," and "Star Wars" Addresses », *Quarterly Journal of Speech*, vol. 72, n° 4, 1^{er} novembre 1986, p. 390-414.
- GOODY Richard, *Global Change: Impacts on Habitability*, California Institute of Technology, Pasadena, California, NASA, 1982.
- GOULD Stephen Jay, *Aux racines du temps*, Paris, Grasset, 1990.
- GRABAU Amadeus William, *Principles of Stratigraphy*, New York, A. G. Seiler and company, 1913.
- GREENAWAY Frank, *Science International: a History of the International Council of Scientific Unions*, Cambridge (GB), Cambridge University Press, 1996.
- GREVSMÜHL Sebastian, *La terre vue d'en haut : l'invention de l'environnement global*, Paris, Seuil, coll. « Anthropocène », 2014.
- GRINEVALD Jacques, *La biosphère de l'Anthropocène : climat et pétrole, la double menace : repères transdisciplinaires (1824-2007)*, Genève, Georg, 2007.
- GROSS Elizabeth et Terry HEALY, « SCOR: What Is It and What Does It Do? », *Oceanography*, vol. 8, n° 3, 1995, p. 114-114.
- GROSZ Elizabeth, Kathryn YUSOFF et Nigel CLARK, « An Interview with Elizabeth Grosz: Geopower, Inhumanism and the Biopolitical », *Theory, Culture & Society*, vol. 34, n° 2-3, 1^{er} mai 2017, p. 129-146.
- GROVE Richard H., *Green Imperialism: Colonial Expansion, Tropical Island Edens and the Origins of Environmentalism, 1600-1860*, Cambridge, Cambridge University Press, 1997.
- GUCHET Xavier, *Pour un humanisme technologique : culture, technique et société dans la philosophie de Gilbert Simondon*, Paris, Presses Universitaires de France, 2010.
- GUILLAUME Bertrand, « Vernadsky's Philosophical Legacy: A Perspective from the Anthropocene », *The Anthropocene Review*, vol. 1, n° 2, août 2014, p. 137-146.

- GWYNNE Michael D., « The Global Environment Monitoring System (GEMS) of UNEP », *Environmental Conservation*, vol. 9, n° 1, ed 1982, p. 35-41.
- HAECKEL Ernst, *Anthropogenie oder Entwicklungs-geschichte des Menschen*, Leipzig, W. Engelmann, 1910.
- HAECKEL Ernst, *Histoire de la création des êtres organisés d'après les lois naturelles*, Charles Letourneau et Charles Martin (trad.), 2^e éd., Paris, C. Reinwald et Cie, 1877.
- HAECKEL Ernst, *Natürliche Schöpfungsgeschichte. Gemeinverständliche wissenschaftliche Vorträge über die Entwicklungslehre im Allgemeinen und diejenige von Darwin, Goethe, und Lamarck im Besonderen, über die Unwendung derselben auf den Ursprung des Menschen und andere damit zusammenhängende Grundfragen des Naturwissenschaft*, Berlin, Reimer, 1868.
- HAMBLIN Jacob Darwin, *Arming Mother Nature : the Birth of Catastrophic Environmentalism*, Oxford, Oxford University Press, 2013.
- HAMBLIN Jacob Darwin, *Oceanographers and the Cold War : Disciples of Marine Science*, Seattle, University of Washington Press, 2005, 1 vol.
- HAMILTON Clive, « Getting the Anthropocene so Wrong », *The Anthropocene Review*, vol. 2, n° 2, 1^{er} août 2015, p. 102-107.
- HAMILTON Clive, *Les apprentis sorciers du climat : raisons et déraisons de la géo-ingénierie*, Cyril Le Roy (trad.), Paris, Seuil, 2013.
- HAMILTON Clive et Jacques GRINEVALD, « Was the Anthropocene Anticipated? », *The Anthropocene Review*, vol. 2, n° 1, avril 2015, p. 59-72.
- HANSEN James, David JOHNSON, Andrew A. LACIS, Sergej LEBEDEFF, P. LEE, David RIND et Gary L. RUSSELL, « Climate Impact of Increasing Atmospheric Carbon Dioxide », *Science*, vol. 213, n° 4511, 28 août 1981, p. 957-966.
- HANSEN Peter H., *The Summits of Modern Man: Mountaineering After the Enlightenment*, Cambridge, Harvard University Press, 2013.
- HARAWAY Donna, « Anthropocene, Capitalocene, Plantationocene, Chthulucene: Making Kin », *Environmental Humanities*, vol. 6, n° 1, 1^{er} mai 2015, p. 159-165.
- HARAWAY Donna, « Symptièse, sf, embrouilles multispécifiques », dans Didier Debaise et Isabelle Stengers (éd.), *Gestes spéculatifs : colloque de Cerisy*, Dijon, Les Presses du réel, 2015, p. 42-72.
- HARAWAY Donna, « When Species Meet: Staying with the Trouble », *Environment and Planning D: Society and Space*, vol. 28, n° 1, février 2010, p. 53-55.
- HARTOG François, *Régimes d'historicité : présentisme et expériences du temps*, Paris, Seuil, 2003.
- HAYS James D., John IMBRIE et Nicholas J. SHACKLETON, « Variations in the Earth's Orbit: Pacemaker of the Ice Ages », *Science*, vol. 194, n° 4270, 1976, p. 1121-1132.

- HEAD Martin J. et Philip L. GIBBARD, « Formal Subdivision of the Quaternary System/Period: Past, Present, and Future », *Quaternary International*, vol. 383, coll. « The Quaternary System and its formal subdivision », 5 octobre 2015, p. 4-35.
- HECHT Jeff, « A “Star Wars” Sequel? The Allure of Directed Energy for Space Weapons », *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 75, n° 4, 4 juillet 2019, p. 162-170.
- HEEDE Richard, « Tracing Anthropogenic Carbon Dioxide and Methane Emissions to Fossil Fuel and Cement Producers, 1854–2010 », *Climatic Change*, vol. 122, n° 1-2, janvier 2014, p. 229-241.
- HERKEN Gregg, « The Earthly Origins of Star Wars », *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 43, n° 8, Routledge, 1^{er} octobre 1987, p. 20-28.
- HERRAN Néstor, « Spreading Nucleonics: the Isotope School at the Atomic Energy Research Establishment, 1951–67 », *The British Journal for the History of Science*, vol. 39, n° 4, décembre 2006, p. 569-586.
- HERZBERG Julia, Christian KEHRT et Franziska TORMA (éd.), *Ice and Snow in the Cold War: Histories of Extreme Climatic Environments*, New York, Berghahn Books, 2019.
- HIBBARD Kathy A., Paul J. CRUTZEN, Eric F. LAMBIN, Diana LIVERMAN, N. J. MANTUA, John R. MCNEILL, Bruno MESSERLI et Will STEFFEN, « Decadal Interactions of Humans and the Environment. In: Integrated History and Future of People on Earth », dans Robert Costanza, Lisa J. Graumlich et Will Steffen (éd.), *Sustainability or Collapse? An Integrated History and Future of People on Earth*, Cambridge, MIT Press, 2007.
- HÖHLER Sabine, *Spaceship Earth in the Environmental Age 1960-1990.*, Milton Park, Routledge, 2017.
- HÖHLER Sabine, « “Spaceship Earth” : Envisioning Human Habitats in the Environmental Age », *GHI Bulletin*, n° 42, 2008, p. 65-85.
- HOLLAND Heinrich D., *The Chemical Evolution of the Atmosphere and Oceans*, Woodstock, Princeton University Press, 1984.
- HOLLING Crawford S., « Current Research at IIASA on Environmental Conservation », *Environmental Conservation*, vol. 10, 1983, p. 359.
- HOLMES Bob, « Earth : The Comeback », *New Scientist*, 3 octobre 2009, p. 32-35.
- HOPKINS William, « On the Causes Which May Have Produced Changes in the Earth’s Superficial Temperature », *Quarterly Journal of the Geological Society*, vol. 8, n° 1-2, 1^{er} février 1852, p. 56-92.
- HOWE Joshua P., « Getting Past the Greenhouse : John Tyndall and the Nineteenth-Century History of Climate Change », dans Bernard V. Lightman et Michael S. Reidy (éd.), *The Age of Scientific Naturalism: Tyndall and his Contemporaries*, London ; Brookfield, Vermont, Pickering & Chatto, 2014, p. 33-50.
- HOWKINS Adrian, « Melting Empires? Climate Change and Politics in Antarctica since the International Geophysical Year », *Osiris*, vol. 26, n° 1, 1^{er} janvier 2011, p. 180-197.

- HULSE David K., *Early Development of the Steam Engine*, Warwickshire, TEE Publishing, 1999.
- HUSS John, « La paléontologie : distancier le temps », dans Christophe Bouton et Philippe Huneman (éd.), *Temps de la nature, nature du temps : études philosophiques sur le temps dans les sciences naturelles*, Paris, CNRS éditions, 2018, p. 239-265.
- HUTCHINSON George Evelyn, « The Biosphere », *Scientific American*, vol. 223, n° 3, 1970, p. 44-53.
- HUTCHINSON George Evelyn, « Circular Causal Systems in Ecology », *Annals of the New York Academy of Sciences*, vol. 50, n° 4, 1948, p. 221-246.
- HUTCHINSON George Evelyn, « Nitrogen in the Biogeochemistry of the Atmosphere », *American Scientist*, vol. 32, n° 3, 1944, p. 178-195.
- HUTTON James, *Theory of the Earth : with proofs and illustrations*, Edinburgh, Creech, 1785.
- IGBP, *Past Global Changes. Science Plan Implementation Strategy*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°57, 2009.
- IGBP, *IGBP Annual Report 2004*, Stockholm, ICSU, 2004.
- IGBP, *IGBP Annual Report 2002*, Stockholm, ICSU, 2002.
- IGBP, *GAIM 1993 -1997 The First Five Years: Setting the Stage for Synthesis*, Durham, University of New Hampshire, GAIM/IGBP Report Series, n°6, 1997.
- IGBP, *IGBP in Action: Work Plan 1994 - 1998*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°28, 1994.
- IGBP, *The Initial Core Projects*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°12, 1990.
- IGBP, *Global Changes of the Past*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°6, 1989.
- IGBP, *A Report from the First Meeting of the Scientific Advisory Council for the IGBP 1*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°7, 1989.
- IGBP, *A Report from the First Meeting of the Scientific Advisory Council for the IGBP 2*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°7, 1989.
- IGBP, « Global Change Open Science Conference Programme », *Global Change: IPGP Newsletter*, n° 44, sans date, p. 14-21.
- IGBP AD HOC PLANNING GROUP, *The International Geosphere-Programme: A Study of Global Change Final Report of the Ad Hoc Planning Group*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°1, 1986.
- IGBP SPECIAL COMMITTEE, *IGBP: A plan for action*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°4, 1988.
- IGBP SPECIAL COMMITTEE, *A Report from the Second Meeting of the Special Committee*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°3, 1988.

- IGBP SPECIAL COMMITTEE, *A Report from the First Meeting of the Special Committee*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°2, 1987.
- IGBP SPECIAL COMMITTEE, *A Document Prepared by the First Meeting of the Special Committee*, Stockholm, ICSU, Report Series, n°2, 1987.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, *Climate change 2001: The Scientific Basis*, Cambridge ; New York, Cambridge University Press, 2001.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, *Climate change, 1995: impacts, adaptations, and mitigation of climate change*, R. T. Watson, Marufu C. Zinyowera et Richard H. Moss (éd.), Cambridge ; New York, Cambridge University Press, 1996.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON STRATIGRAPHY, « International Chronostratigraphic Chart », 2017.
- INTERNATIONAL COUNCIL OF SCIENTIFIC UNIONS (ICSU) et WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO), *Report of Planning Conference on GARP*, ICSU ; WMO, Special Report, n°1, 1970.
- JAMES William, « La volonté de croire », Loÿs Moulin (trad.), dans *La Volonté de croire*, Paris, Les Empêcheurs de penser en rond ; Seuil, 2005, p. 39-64.
- JAMIESON Dale, *Ethics and the Environment: An Introduction*, Cambridge (GB) ; New York, Cambridge University Press, 2008.
- JAMIESON Dale, « Ethics and Intentional Climate Change », *Climatic Change*, vol. 33, n° 3, 1^{er} juillet 1996, p. 323-336.
- JARRIGE Francois, « Écologie : l'obsession des origines », *Terrestres*, 10 octobre 2018.
- JARRIGE François, *Technocritiques : Du refus des machines à la contestation des technosciences*, Paris, La Découverte, 2014.
- JARRIGE Francois et Thomas Le ROUX, *La Contamination du monde : Une histoire des pollutions à l'âge industriel*, Paris, Seuil, 2017.
- JARRIGE François et Alexis VRIGNON, *Face à la puissance : Une histoire des énergies alternatives à l'âge industriel*, Paris, La Découverte, 2020.
- JASANOFF Sheila, « The Formation of Global Environmental Consciousness », dans Clark A. Miller et Paul N. Edwards (éd.), *Changing the Atmosphere: Expert Knowledge and Environmental Governance*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 2001, p. 309-338.
- JENKYN Thomas W., « Lessons in Geology XLVI. Chapter IV ; On the Effect of Organic Agents on the Earth's Crust », dans *The Popular Educator: a Complete Encyclopaedia of Elementary, Advanced and Technical Education*, London, Cassell, Petter and Galpin, 1854, vol. 4, p. 139-141.
- JENKYN Thomas W., « Lessons in Geology L. Chapter V ; On the Classification of the Rocks », dans *The Popular Educator: a Complete Encyclopaedia of Elementary, Advanced and Technical Education*, London, Cassell, Petter and Galpin, 1854, vol. 4, p. 313-316.

- JENKYN Thomas W., « Lessons in Geology XLVII. Chapter V ; On the Classification of the Rocks in the Earth's Crust », dans *The Popular Educator: a Complete Encyclopaedia of Elementary, Advanced and Technical Education*, London, Cassell, Petter and Galpin, 1854, vol. 4, p. 165-168.
- JOHNSON Gerald W. et Gary H. HIGGINS, « Engineering Applications of Nuclear Explosives: Project Plowshare », *Reviews of Geophysics*, vol. 3, n° 3, 1965, p. 365-385.
- JONAS Hans, *Le Principe responsabilité : une éthique pour la civilisation technologique*, Paris, Les Éditions du Cerf, 1995.
- JOUVANCOURT Pierre de, « La fin de l'ichtyosaure. Perspectives sur les archives de l'Anthropocène », dans Rémi Beau et Catherine Larrère (éd.), *Penser l'anthropocène*, Paris, Presses de Sciences Po, 2018, p. 341-353.
- JOUVANCOURT Pierre de et Christophe BONNEUIL, « En finir avec l'épopée. Récit, géopouvoir et sujets de l'Anthropocène », dans Émilie Hache (éd.), *De l'univers clos au monde infini*, Paris, Dehors, 2014, p. 57-105.
- JOUVENET Morgan, « Des pôles aux laboratoires : les échelles de la coopération internationale en paléoclimatologie (1955-2015) », *Revue française de sociologie*, vol. 57, n° 3, 13 septembre 2016, p. 563-590.
- JOUZEL Jean, Claude LORIUS et Dominique RAYNAUD, *Planète blanche : les glaces, le climat et l'environnement*, Paris, O. Jacob, 2008.
- KABAT Pavel, Martin CLAUSSEN, Stacey WHITLOCK, John H. C GASH, Lelys BRAVO DE GUENNI, Michel MEYBECK, Roger PIELKE, Charles J V??R??SMARTY, Ronald W. A HUTJES et Sabine L??TKEMEIER, *Vegetation, Water, Humans and the Climate A New Perspective on an Interactive System*, Berlin, Springer Berlin, coll. « Global Change - The IGBP Series », 2004.
- KANT Emmanuel, *Critique de la faculté de juger*, Alain Renaut (trad.), Paris, Flammarion, 2000.
- KATES Robert W., Billie L. TURNER II et William C. CLARK, « The Great Transformation », dans Billie L. Turner II, William C. Clark, Robert W. Kates, John F. Richards, Jessica Mathews et William B. Meyer (éd.), *The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere over the Past 300 Years*, Cambridge ; New York, Cambridge University Press ; Clark University, 1990, p. 1-18.
- KAUTZLEBEN Heinz et Axel MÜLLER, « Vladimir Ivanovich Vernadsky (1863–1945) — From Mineral to Noosphere », *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 147, décembre 2014, p. 4-10.
- KEELING Ralph F., Heather D. GRAVEN, Lisa R. WELP, Laure RESPLANDY, Jian BI, Stephen C. PIPER, Ying SUN, Alane BOLLENBACHER et Harro A. J. MEIJER, « Atmospheric Evidence for a Global Secular Increase in Carbon Isotopic Discrimination of Land Photosynthesis », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114, n° 39, 26 septembre 2017, p. 10361-10366.
- KEITH David W., « Geoengineering the Climate: History and Prospect », *Annual Review of*

- Energy and the Environment*, vol. 25, n° 1, 2000, p. 245-284.
- KEMPF Hervé, *Pour sauver la planète, sortez du capitalisme*, Paris, Seuil, 2009.
- KIRSCH Scott, « Experiments in Progress: Edward Teller's Controversial Geographies », *Ecumene*, vol. 5, n° 3, SAGE Publications, 1^{er} juillet 1998, p. 267-285.
- KITMAN Jamie-Lincoln, *L'Histoire secrète du plomb*, Arnaud Pouillot (trad.), Paris, Editions Allia, 2005.
- KLEIN George, « The "Anthropocene": What is its Geological Utility? (Answer: It has none!) », *Episodes*, vol. 38, n° 3, 1^{er} septembre 2015, p. 218-218.
- KOYRE Alexandre, *La Révolution astronomique. Copernic, Kepler, Borelli, Hermann*, Paris, Hermann, 1961.
- KUHN Thomas S., *The structure of scientific revolutions*, Fourth edition, Chicago ; London, The University of Chicago Press, 2012.
- KUKLA George J. et Robley K. MATTHEWS, « When Will the Present Interglacial End? », *Science*, vol. 178, n° 4057, 13 octobre 1972, p. 190-202.
- KWA Chunglin, « The Rise and Fall of Weather Modification: Changes in American Attitudes Toward Technology, Nature, and Society », dans Paul N. Edwards et Clark Miller (éd.), *Changing the Atmosphere: Expert Knowledge and Environmental Governance*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 2011, p. 135-166.
- KWA Chunglin, « The Programming of Interdisciplinary Research Through Informal Science-Policy Interactions », *Science and Public Policy*, vol. 33, n° 6, 2006, p. 457-467.
- KWA Chunglin, « Interdisciplinarity and Postmodernity in the Environmental Sciences », *History and Technology*, vol. 21, n° 4, 1^{er} décembre 2005, p. 331-344.
- KWA Chunglin, « Local Ecologies and Global Science: Discourses and Strategies of the International Geosphere-Biosphere Programme », *Social Studies of Science*, vol. 35, n° 6, décembre 2005, p. 923-950.
- KWA Chunglin, « Radiation Ecology, Systems Ecology and the Management of the Environment », dans Michael Shortland (éd.), *Science and Nature: Essays in the History of the Environmental Sciences*, Stanford in the Vale, British Society for the History of Science, 1993, p. 213-250.
- KWA Chunglin, « Representations of Nature Mediating Between Ecology and Science Policy: The Case of the International Biological Programme », *Social Studies of Science*, vol. 17, n° 3, août 1987, p. 413-442.
- LAMBIN Eric F. et Helmut GEIST (éd.), *Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts*, Berlin ; New York, Springer, coll. « Global Change - The IGBP Series », 2006.
- LANDRIN Henri, *Dictionnaire de minéralogie, de géologie et de métallurgie*, Paris, Firmin Didot, frères, 1856.

- LANGMUIR Irving, « Control of Precipitation from Cumulus Clouds by Various Seeding Techniques », *Science*, vol. 112, n° 2898, 1950, p. 35-41.
- LAPPARENT Albert de, *Traité de géologie*, Paris, Librairie F. Savy, 1885.
- LARRERE Catherine, « Aux origines intellectuelles de l'écologie politique européenne : La question de la technique », *Revue Française d'Histoire des Idées Politiques*, N° 44, n° 2, 20 décembre 2016, p. 9-31.
- LARRERE Catherine, « La nature a-t-elle un genre ? Variétés d'écoféminisme », *Cahiers du Genre*, n° 59, n° 2, 24 novembre 2015, p. 103-125.
- LARRERE Catherine, « Les éthiques environnementales », *Natures Sciences Sociétés*, Vol. 18, n° 4, 2010, p. 405-413.
- LARRERE Catherine et Raphaël LARRERE, *Penser et agir avec la nature : une enquête philosophique*, Paris, La Découverte, 2015.
- LATOUR Bruno, *Où atterrir ? Comment s'orienter en politique*, Paris, La Découverte, 2017.
- LATOUR, BRUNO, « Telling Friends from Foes in the Time of the Anthropocene », dans Christophe Bonneuil, François Gemenne et Clive Hamilton (éd.), *The Anthropocene and the Global Environmental Crisis: Rethinking modernity in a new epoch*, London ; New York, Routledge, 2015.
- LATOUR Bruno, « 4e conférence. L'Anthropocène et la destruction (de l'image) du Globe », dans *Face à Gaïa : Huit conférences sur le nouveau régime climatique*, Paris, La Découverte, 2015, p. 147-191. Publisher: La Découverte.
- LATOUR Bruno, *Face à Gaïa: huit conférences sur le nouveau régime climatique*, Paris, La Découverte, coll. « Les Empêcheurs de penser en rond », 2015.
- LATOUR Bruno, « An Attempt at a "Compositionist Manifesto" », *New Literary History*, vol. 41, n° 3, 30 décembre 2010, p. 471-490.
- LATOUR Bruno, *Nous n'avons jamais été modernes : essai d'anthropologie symétrique*, Paris, La Découverte, 2010.
- LATOUR Bruno, « A Plea for Earthly Sciences », dans Judith Burnett, Syd Jeffers et Graham Thomas (éd.), *New Social Connections: Sociology's Subjects and Objects*, London, Palgrave Macmillan UK, 2010, p. 72-84.
- LATOUR Bruno, *Changer de société, refaire de la sociologie*, Nicolas Guilhot (trad.), Paris, La Découverte, 2007.
- LATOUR Bruno, *L'Espoir de Pandore : Pour une version réaliste de l'activité scientifique*, Didier Gille (trad.), Paris, La Découverte, 2007.
- LATOUR Bruno, « Sol amazonien et circulation de la référence », Didier Gille (trad.), dans *L'Espoir de Pandore : Pour une version réaliste de l'activité scientifique*, Paris, La Découverte, 2007, p. 33-82.

- LATOUR Bruno, « Joliot et la vascularisation des faits », Didier Gille (trad.), dans *L'Espoir de Pandore : Pour une version réaliste de l'activité scientifique*, Paris, La Découverte, 2007, p. 83-116.
- LATOUR Bruno, *Politiques de la nature : Comment faire entrer les sciences en démocratie*, Paris, La Découverte, 2004.
- LATOUR Bruno, « Petite philosophie de l'énonciation », dans Pierluigi Fossali Basso et Lucia Corrain (éd.), *Eloqui de senso. Dialoghi semiotici per Paolo Fabbri*, *Orizzonti, compiti e dialoghi della semiotica. Saggi per Paolo Fabbri*, Milan, Costa & Nolan, coll. « Riscontri », 1998, p. 71-94.
- LATOUR Bruno, « « Les “vues” de l'esprit » Une introduction à l'anthropologie des sciences et des techniques », *Culture Technique*, n° 14, 1985, p. 5-29.
- LATOUR Bruno et Youness BOUSENNA, « Bruno Latour : la révolution a déjà eu lieu, elle s'appelle l'Anthropocène », *Socialter*, n° 44, 11 février 2021, p. 12.
- LATOUR Bruno et Steve WOOLGAR, *La vie de laboratoire : La production des faits scientifiques*, Michel Biezunski (trad.), Paris, La Découverte, 2006.
- LAUNIUS Roger D., James Rodger FLEMING et David H. DEVORKIN, « Introduction: Rise of Global Scientific Inquiry in the International Polar and Geophysical Years », dans Roger D. Launius, James Rodger Fleming et David H. DeVorkin (éd.), *Globalizing Polar Science: Reconsidering the International Polar and Geophysical years*, New York, Palgrave Macmillan, 2010, p. 1-9.
- LECLERC Georges-Louis, *The Epochs of Nature*, Jan Zalasiewicz, Mateusz Zalasiewicz et Anne-Sophie Milon (trad.), Chicago, University of Chicago Press, 2018.
- LECONTE Joseph, *Evolution : Its Nature, Its Evidences, and Its Relation to Religious Thought*, 2^e éd., New York, D. Appleton and company, 1899.
- LECONTE Joseph, *Elements of Geology : A Text-Book for Colleges and for the General Reader*, 2^e éd., New York, D. Appleton, 1890.
- LECONTE Joseph, *A Compend of Geology*, New York, D. Appleton, 1884.
- LEMIÈRE Bruno et Philippe NÉGREL, « O, H and Sr Isotopes Tracing the Migration Distance of Mining, Ore Processing and Metallurgical Activities End-products in a River Basin (Subarnarekha River, India) », *Procedia Earth and Planetary Science*, vol. 13, 2015, p. 223-226.
- LEMOINE Simon, *Le sujet dans les dispositifs de pouvoir*, Rennes, Presses universitaires de Rennes, 2013.
- LENTON Timothy M., Hermann HELD, Elmar KRIEGLER, Jim W. HALL, Wolfgang LUCHT, Stefan RAHMSTORF et Hans J. SCHELLNHUBER, « Tipping elements in the Earth's climate system », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 105, n° 6, 12 février 2008, p. 1786-1793.
- LENTON Timothy M., Johan ROCKSTRÖM, Owen GAFFNEY, Stefan RAHMSTORF, Katherine

- RICHARDSON, Will STEFFEN et Hans Joachim SCHELLNHUBER, « Climate Tipping Points — Too Risky to Bet Against », *Nature*, vol. 575, n° 7784, novembre 2019, p. 592-595.
- LENTON Timothy M. et Hywel T. P. WILLIAMS, « On the Origin of Planetary-Scale Tipping Points », *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 28, n° 7, juillet 2013, p. 380-382.
- LESHNER Richard Benjamin, *The Evolution of the NASA Earth Observing System: A Case Study in Policy and Project Formulation*, Thèse de doctorat, Washington, D.C, George Washington University, 2007.
- LEWIS Simon L. et Mark A. MASLIN, *The Human Planet: How we Created the Anthropocene*, London, Penguin Books, 2018.
- LEWIS Simon L. et Mark A. MASLIN, « Defining the Anthropocene », *Nature*, vol. 519, n° 7542, 11 mars 2015, p. 171-180.
- LIU Kon-Kee, Larry ATKINSON, Renato QUINONES et Liana TALAUE-MCMANUS (éd.), *Carbon and Nutrient Fluxes in Continental Margins: A Global Synthesis*, Berlin, Springer Verlag, coll. « Global change-the IGBP series », 2010.
- LOCHER Fabien, « Les pâturages de la Guerre froide : Garrett Hardin et la « Tragédie des communs » », *Revue d'histoire moderne contemporaine*, n° 60-1, n° 1, 19 août 2013, p. 7-36.
- LOCHER Fabien et Jean-Baptiste FRESSOZ, « L'espoir et l'effroi. Les entreprises agricoles face au changement climatique (XVIIe-XIXe siècle) », *Entreprises et histoire*, n° 86, n° 1, 18 juillet 2017, p. 21-33.
- LORENZ Edward N., « Deterministic Nonperiodic Flow », *Journal of the Atmospheric Sciences*, vol. 20, n° 2, mars 1963, p. 130-141.
- LORIMER Jamie, « The Anthro-scene: A Guide for the Perplexed », *Social Studies of Science*, vol. 47, n° 1, février 2017, p. 117-142.
- LORIMER Jamie et Sarah WHATMORE, « After the 'King of Beasts': Samuel Baker and the Embodied Historical Geographies of Elephant Hunting in Mid-Nineteenth-Century Ceylon », *Journal of Historical Geography*, vol. 35, n° 4, 1^{er} octobre 2009, p. 668-689.
- LOTKA Alfred J., *Elements of Physical Biology*, Baltimore (Md), Williams and Wilkins Company, 1925.
- LÖVBRAND Eva, Silke BECK, Jason CHILVERS, Tim FORSYTH, Johan HEDRÉN, Mike HULME, Rolf LIDSKOG et Eleftheria VASILEIADOU, « Who Speaks for the Future of Earth? How Critical Social Science Can Extend the Conversation on the Anthropocene », *Global Environmental Change*, vol. 32, mai 2015, p. 211-218.
- LOVELOCK James, *Gaia: The Practical Science of Planetary Medicine*, Oxford (GB); New York, Oxford University Press, 2000.
- LOVELOCK James, « Geophysiology », *Earth and Environmental Science Transactions of The Royal Society of Edinburgh*, vol. 80, n° 3-4, ed 1989, p. 169-175.

- LOVELOCK James, « Geophysiology, the Science of Gaia », *Reviews of Geophysics*, vol. 27, n° 2, 1989, p. 215-222.
- LOVELOCK James, *The Ages of Gaia. A Biography of our Living Earth*, Oxford ; New York, Oxford University Press, 1988.
- LOVELOCK James, « Geophysiology: A New Look at Earth Science », *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 67, n° 4, 1986, p. 392-397.
- LOVELOCK James, « Holland's Earth », *Nature*, vol. 312, n° 5994, décembre 1984, p. 571-571.
- LOVELOCK James, « Gaia as Seen Through the Atmosphere », *Atmospheric Environment*, vol. 6, n° 8, 1972, p. 579-580.
- LOVELOCK James et Lynn MARGULIS, « Atmospheric Homeostasis by and for the Biosphere: the Gaia Hypothesis », *Tellus*, vol. 26, n° 1-2, 1^{er} janvier 1974, p. 2-10.
- LOVELOCK James et Lynn MARGULIS, « Homeostatic Tendencies of the Earth's Atmosphere », dans Juan Oró, Stanley L. Miller, Cyril Ponnampertuma et R. S. Young (éd.), *Cosmochemical Evolution and the Origins of Life*, Dordrecht, Springer Netherlands, 1974, p. 93-103.
- LOWENTHAL David, « Awareness of Human Impacts: Changing Attitudes and Emphases », dans Billie Lee Turner, William C. Clark, Robert William Kates, John F. Richards, Jessica Mathews et William B. Meyer (éd.), *The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere over the Past 300 years*, Cambridge ; New York, Harvard University Press ; Clark University, 1990, p. 121-135.
- LOWENTHAL David, « Introduction », dans *Man and Nature: Or, Physical Geography as Modified by Human Action*, Cambridge, Harvard University Press, 1965, p. ix-xxix.
- LUIGI DE MARCHI, *Le cause dell'era glaciale: ricerca teorica delle condizioni che determinano ...*, sans lieu, Fusi, 1895.
- LUISSETTI Federico, « Geopower: On the States of Nature of Late Capitalism », *European Journal of Social Theory*, vol. 22, n° 3, 1^{er} août 2019, p. 342-363.
- LUKE Timothy, « Environmental Governmentality », dans Teena Gabrielson, Cheryl Hall, John M. Meyer et David Schlosberg (éd.), *Environmental Governmentality*, Oxford, Oxford University Press, 2016.
- LUKE Timothy, « Developing Planetarian Accountancy: Fabricating Nature as Stock, Service, and System for Green Governmentality », dans Harry F. Dahms (éd.), *Nature, Knowledge, and Negation*, Bingley, Emerald, 2009, p. 129-160.
- LUKE Timothy W., « On Environmentality: Geo-Power and Eco-Knowledge in the Discourses of Contemporary Environmentalism », *Cultural Critique*, n° 31, University of Minnesota Press, 1995, p. 57-81.
- LUSSAULT Michel, *L'homme spatial : la construction sociale de l'espace humain*, Paris, Seuil, 2007.

- LYELL Charles, *Principles of Geology: or, The Modern Changes of the Earth and its Inhabitants, Considered as Illustrative of Geology*, 12^e éd., London, John Murray, 1875, vol. I.
- LYELL Charles, *A Manual of Elementary Geology*, 4^e éd., London, John Murray, 1852.
- LYELL Charles, *Principles of Geology: Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface, by Reference to Causes Now in Operation*, 1^{re} éd., London, John Murray, 1832, vol. II.
- LYELL Charles, *Principles of Geology: Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface, by Reference to Causes Now in Operation*, 1^{re} éd., London, John Murray, 1830, vol. I.
- MACDONALD Gordon J. F., « How to Wreck the Environment », dans Nigel Calder (éd.), *Unless Peace Comes: A Scientific Forecast of New Weapons*, New York, Viking Press, 1968, p. 181-205.
- MACHTA Lester, « Meteorological Benefits from Atmospheric Nuclear Tests », *Health Physics*, vol. 82, n° 5, mai 2002, p. 635-643.
- MACKENZIE Angus B., « Environmental Radioactivity: Experience from the 20th Century — Trends and Issues for the 21st Century », *The Science of the Total Environment*, vol. 249, n° 1-3, 17 avril 2000, p. 313-329.
- MACLEOD Roy M., « Science and Government in Victorian England: Lighthouse Illumination and the Board of Trade, 1866-1886 », *Isis*, vol. 60, n° 1, avril 1969, p. 5-38.
- MAHRANE Yannick, « L'écologie. Connaître et gouverner la nature », dans Dominique Pestre et Christophe Bonneuil (éd.), *Histoire des sciences et des savoirs: Le siècle des technosciences*, Paris, Seuil, 2015, vol. 3/3, p. 275-296.
- MAHRANE Yannick, Marianna FENZI, Céline PESSIS et Christophe BONNEUIL, « De la nature à la biosphère : L'invention politique de l'environnement global, 1945-1972 », *Vingtième Siècle. Revue d'histoire*, vol. 113, n° 1, 2012, p. 127-141.
- MALM Andreas, *Has It Come to This? The Promises and Perils of Geoengineering on the Brink*, J. P. Sapinski, Holly Jean Buck et Andreas Malm (éd.), New Brunswick, Camden, Rutgers University Press, 2020.
- MALM Andreas, *Comment saboter un pipeline*, Étienne Dobenesque (trad.), Paris, La Fabrique, 2020.
- MALM Andreas, *Fossil Capital: the Rise of Steam-Power and the Roots of Global Warming*, London ; New York, Verso, 2016.
- MALM Andreas et Alf HORNBORG, « The Geology of Mankind? A Critique of the Anthropocene Narrative », *The Anthropocene Review*, vol. 1, n° 1, avril 2014, p. 62-69.
- MALM Andreas et Alf HORNBORG, « The Geology of Mankind? A Critique of the Anthropocene Narrative », *The Anthropocene Review*, vol. 1, n° 1, avril 2014, p. 62-69.

- MALONE Thomas F., « How it all began », *Global Change: IPGP Newsletter*, n° 18, juin 1994, p. 8.
- MALONE Thomas F., « Mission to Planet Earth », *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, vol. 28, n° 8, 1^{er} octobre 1986, p. 6-42.
- MALONE Thomas F., « Overview: Biogeochemical Cycles: A New Research Agenda », *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, vol. 26, n° 7, 1^{er} septembre 1984, p. 4-45.
- MALONE Thomas F. et Ruth DEFRIES (éd.), *Global Change and Our Common Future: Papers from a Forum*, Washington, D.C., National Academies Press, 1989.
- MALONE Thomas F. et Juan G. ROEDERER (éd.), *Global Change: The Proceedings of a Symposium Sponsored by the International Council of Scientific Unions (ICSU), Held During Its 20th General Assembly in Ottawa, Canada, on September 25, 1984*, Cambridge ; New York, ICSU Press, coll. « ICSU Press symposium series », n° 5, 1985.
- MANABE Syukuro et Richard T. WETHERALD, « Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity », *Journal of the Atmospheric Sciences*, vol. 24, n° 3, 1^{er} mai 1967, p. 241-259.
- MANDOSIO Jean-Marc, *Longévité d'une imposture, Michel Foucault : suivi de foucaultphiles et foucaulâtres*, Paris, Encyclopédie des nuisances, 2010.
- MANLEY Gordon, « Climatic Fluctuations: A Review », *Geographical Review*, vol. 41, n° 4, [American Geographical Society, Wiley], 1951, p. 656-660. JSTOR.
- MARCHETTI Cesare, « On Geoengineering and the CO2 Problem », *Climatic Change*, vol. 1, n° 1, 1^{er} mars 1977, p. 59-68.
- MARGULIS Lynn et James E. LOVELOCK, « Is Mars a Spaceship, too », *Natural History*, vol. 85, 1^{er} juillet 1976, p. 86-90.
- MARGULIS Lynn et James E. LOVELOCK, « Biological Modulation of the Earth's Atmosphere », *Icarus*, vol. 21, n° 4, 1^{er} avril 1974, p. 471-489.
- MARIS Virginie, *La Part sauvage du monde : penser la nature dans l'Anthropocène*, Paris, Seuil, 2018.
- MARKUSEN Eric et David KOPF, *The Holocaust and Strategic Bombing: Genocide and Total War in the Twentieth Century*, Boulder, Westview Press, 1995.
- MARSH George Perkins, *Man and Nature: Or, Physical Geography as Modified by Human Action.*, Cambridge, Harvard University Press, 1965.
- MARSH George Perkins, *The Earth as modified by human action: A last revision of « Man and Nature »*, New York, Charles Scribner's Sons, 1885.
- MARTIN Nastassja, *Les âmes sauvages : Face à l'Occident, la résistance d'un peuple d'Alaska*, Paris, La Découverte, 2016.

- MARTINS Charles, « Introduction biographique », Charles Letourneau et Charles Martins (trad.), dans Ernst Haeckel, *Histoire de la création des êtres organisés d'après les lois naturelles*, 2^e éd., Paris, C. Reinwald et Cie, 1877.
- MARX Karl, *Le Capital*, Jean-Pierre Lefebvre (trad.), Paris, Editions sociales, 2016, vol. 1.
- MASCO Josph, « The Age of Fallout », *History of the Present*, vol. 5, n° 2, 2015, p. 137.
- MASLIN Mark A. et Simon L. LEWIS, « Anthropocene: Earth System, Geological, Philosophical and Political Paradigm Shifts », *The Anthropocene Review*, vol. 2, n° 2, août 2015, p. 108-116.
- MASON Betsy, « Climate Change: The Hot Hand of History », *Nature*, vol. 427, n° 6975, 12 février 2004, p. 582-583.
- MASQUELET Alain-Charles, « Le Raisonnement diagnostique », dans *Le Raisonnement médical*, Paris, Presses Universitaires de France, coll. « Que sais-je? », 2006, p. 17-43.
- MASSARD-GUILBAUD Geneviève, *Histoire de la pollution industrielle : France, 1789-1914*, Paris, Editions de l'Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 2010.
- MATAGNE Patrick, « Géographie-écologie : Occasions manquées et opportunités », dans Denis Chartier et Estienne Rodary (éd.), *Manifeste pour une géographie environnementale*, Paris, Presses de Sciences Po, 2016, p. 125-140.
- MAUREL Chloé, « L'Histoire de l'Humanité de l'UNESCO (1945-2000) », *Revue d'Histoire des Sciences Humaines*, vol. 22, n° 1, 2010, p. 161-198.
- MCCARTHY J., *Report of the Ad Hoc Working Group on Marine Ecosystems and Atmospheric Interactions*, Paris, ICSU, 1986.
- MCCONNELL Joseph R., Andrew I. WILSON, Andreas STOHL, Monica M. ARIENZO, Nathan J. CHELLMAN, Sabine ECKHARDT, Elisabeth M. THOMPSON, A. Mark POLLARD et Jørgen Peder STEFFENSEN, « Lead Pollution Recorded in Greenland Ice Indicates European Emissions Tracked Plagues, Wars, and Imperial Expansion During Antiquity », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, n° 22, 29 mai 2018, p. 5726-5731.
- MCDANNALD Alexander H., *The Encyclopedia Americana*, New York : Chicago, Americana Corp, 1945.
- MCELROY Michael, *Global Change: A Biogeochemical Perspective*, Pasadena, California, NASA, 1983.
- MCEVOY James III, « The American Concern with the Environment », dans William R. Burch, Neil H. Cheek et Lee Taylor (éd.), *Social Behavior, Natural Resources, and the Environment*, New York, Harper & Row, 1972, p. 214-236.
- MCNEILL John R., *The Great Acceleration: An Environmental History of the Anthropocene since 1945*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 2016.
- MCNEILL John R., *Something New Under the Sun: an Environmental History of the World in*

- the 20th Century*, London, Penguin, 2001.
- MEADOWS Donella H., Dennis L. MEADOWS, Randers JERGEN et William W. BEHRENS, *The Limits to Growth : a Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*, New York, Universe Books, 1972.
- MEUNIER Stanislas, *Dictionnaire de géologie*, Paris, Dunod, 1926.
- MEYBECK Michel, « Riverine Quality at the Anthropocene: Propositions for Global Space and Time Analysis, Illustrated by the Seine River », *Aquatic Sciences*, vol. 64, n° 4, décembre 2002, p. 376-393.
- MEYBECK Michel, « Integration of Earth System and Human Dimensions in Continental Aquatic System », *IHDP Update*, n° 1, 2001, p. 14-16.
- MEYBECK Michel, « River Basin under Anthropocene Conditions », dans Bodo von Bodungen et Kerry Turner (éd.), *Science and Integrated Coastal Management*, Berlin, Dahlem Conference Series, 2001, p. 275-294.
- MEYER John W., David John FRANK, Ann HIRONAKA, Evan SCHOFER et Nancy Brandon TUMA, « The Structuring of a World Environmental Regime, 1870–1990 », *International Organization*, vol. 51, n° 4, 1997, p. 623-651.
- MILLER Clark A., « Scientific Internationalism in American Foreign Policy: The Case of Meteorology, 1947–1958 », dans Clark A. Miller et Paul N. Edwards (éd.), *Changing the Atmosphere: Expert Knowledge and Environmental Governance*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 2001.
- MINTZ Leigh W., *Historical Geology: the Science of a Dynamic Earth*, Columbus (Ohio), C.E. Merrill Pub., 1972.
- MIROWSKI Philip, *Never Let A Serious Crisis Go to Waste: How Neoliberalism Survived the Financial Meltdown*, London ; New York, Verso, 2014.
- MISERY Yves, « 8 000 ans d'influence humaine », *Le Figaro*, 30 décembre 2003, p. 8.
- MIYAKE Yasuo, *Elements of geochemistry*, Tokyo, Maruzen, 1965.
- MOLINA Mario J. et Frank S. ROWLAND, « Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine Atom-Catalysed Destruction of Ozone », *Nature*, vol. 249, n° 5460, juin 1974, p. 810-812.
- MONATH Jens, *Anthropozän - Das Zeitalter des Menschen*, Documentaire, 2020, 4 épisodes, 132'.
- MONEA Alexander et Paul N. EDWARDS, « An Archive for the Future: Paul N. Edwards on Technology, Historiography, Self and World », *International Journal of Communication*, vol. 10, 24 juin 2016, p. 3174-3185.
- MONKHOUSE Francis John, *A Dictionary of Geography*, Chicago, Aldine, 1970.
- MOODIE Roy Lee, *The Geological History of the Vertebrates of Indiana and their Position in*

- the Ancient North American Fauna*, Indianapolis, W.B. Burford, 1929.
- MOODIE Roy Lee, *Paleopathology : An Introduction to the Study of Ancient Evidences of Disease*, Urbana, University of Illinois Press, 1923.
- MOORE Berrien III, « Sustaining Earth's Life Support Systems – the Challenge for the Next Decade and Beyond », *Global Change: IGBP Newsletter*, n° 41, mai 2000.
- MOORE Jason, « The Capitalocene, Part II: Abstract Social Nature and the Limits to Capital », 1^{er} juin 2014.
- MOSLEY Stephen, *The Environment in World History*, sans lieu, Routledge, 2010.
- MOSLEY Stephen, *The Chimney of the World: A History of Smoke Pollution in Victorian and Edwardian Manchester*, Cambridge (GB), Cambridge University Press, 2001.
- MOUSSELLARD-PASCAL Olivier, « Le jour où ça va péter », *Télérama*, 9 février 2008, p. 12.
- MULOT Rachel, « Bienvenue dans l'anthropocène ! », *Sciences et avenir*, 22 juillet 2009, p. 44.
- NAMOWITZ Samuel N., *Earth Science: The World we Live in*, New York, Van Nostrand, 1953.
- NASA, *Global change technology architecture trade study*, Hampton, NASA, Technical Memorandum, 104128, 1991.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES, *Policy Implications of Greenhouse Warming: Mitigation, Adaptation, and the Science Base.*, Washington, National Academies Press, 1992.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (U S.) COMMITTEE ON ATMOSPHERIC SCIENCES, *The Atmospheric Sciences 1961-1971: A Report to the Special Assistant to the President for Science and Technology*, Washington, D.C., National Academy of Sciences ; National Research Council, 1962. Google-Books-ID: BLgqAAAAMAAJ.
- NATIONS UNIES, « Coopération internationale touchant les utilisations pacifiques de l'espace extra-atmosphériques », 1961. A/RES/1721(XVI) C.
- NEUENDORF Klaus K. E., James P. PEHL et Julia A. JACKSON (éd.), *Glossary of Geology*, Alexandria (Va.), American Geological Institute, 2005, 1 vol.
- VON NEUMANN John, « Can We Survive Technology ? », dans F. Brody et Tibor Vámos (éd.), *The Neumann Compendium*, Singapore ; River Edge (NJ), World Scientific Publishing, 1955, p. 658-673.
- NEWBIGIN Marion I., *Plant And Animal Geography*, 2^e éd., London ; New York, Methuen & Co ; E. P. Dutton, 1957 (édition originale : 1936).
- NEWBIGIN Marion I., *Southern Europe*, 3^e éd., London ; New York, Methuen & Co ; E. P. Dutton, 1949 (édition originale : 1932).
- NEWBIGIN Marion I., *Man and His Conquest of Nature*, 3^e éd., London, A. and C. Black, 1922 (édition originale : 1912).
- NIELD Ted, « A Tribe of Jobbing Ditchers », *Nature*, vol. 451, n° 7176, Nature Publishing

- Group, janvier 2008, p. 258-260.
- NIETZSCHE Friedrich, *Fragments posthumes, début 1888-1889*, Jean-Claude Héméry (trad.), Paris, Gallimard, 1977.
- NOWOTNY Helga, Peter SCOTT et Michael GIBBONS (éd.), *The New Production of Knowledge: the Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, London, Polity Press, 2008.
- NYSTRÖM Magnus et Carl FOLKE, « Spatial Resilience of Coral Reefs », *Ecosystems*, vol. 4, n° 5, 1^{er} août 2001, p. 406-417.
- ODUM Eugene, *Fundamentals of Ecology*, Philadelphia, Saunders, 1959.
- OEY Alexander, *The Age of Mankind*, Documentaire, Vpro Documentary, 2017, 47’.
- OLDFIELD Jonathan D. et Denis J.B. SHAW, « V.I. Vernadsky and the Noosphere Concept: Russian Understandings of Society–Nature Interaction », *Geoforum*, vol. 37, n° 1, janvier 2006, p. 145-154.
- ORESKE Naomi et Erik M CONWAY, *Les marchands de doute ou Comment une poignée de scientifiques*, Jacques Treiner (trad.), Paris, Le Pommier, 2014.
- OSBORN Fairfield, *Our plundered planet*, Boston (Mass.), Little, Brown and Company, 1948.
- PAK Chris, *Terraforming: Ecopolitical Transformations and Environmentalism in Science Fiction*, Liverpool, Liverpool University Press, 2016.
- PATON Boris E., « Vladimir Vernadsky and Ukraine: On the 150th Anniversary of the Birth of Academician V.I. Vernadsky », *Herald of the Russian Academy of Sciences*, vol. 83, n° 2, mars 2013, p. 173-182.
- PEDELABORDE Pierre, « Les oscillations climatiques », *L’Information Géographique*, vol. 21, n° 4, 1957, p. 154-159.
- PELLETIER Philippe, Denis CHARTIER et Estienne RODARY, « Pourquoi Élisée Reclus a choisi la géographie et non l’écologie », dans *Manifeste pour une géographie environnementale*, Paris, Presses de Sciences Po, 2016, p. 101-124.
- PERRY John S. et Thomas H. R. O’NEILL, « The Global Atmospheric Research Program », *Reviews of Geophysics*, vol. 17, n° 7, 1979, p. 1753-1762.
- PERRY John S. et Thomas H. R. O’NEILL, « The Global Atmospheric Research Program », *Reviews of Geophysics*, vol. 13, n° 3, 1975, p. 661-667.
- PESTRE Dominique (éd.), *Le gouvernement des technosciences : gouverner le progrès et ses dégâts depuis 1945*, Paris, La Découverte, 2014.
- PESTRE Dominique, *Science, argent et politique : Un essai d’interprétation*, Paris, Editions QUAE, 2003.
- PICCIOTTO, EDGAR E. et Simone WILGAIN, « Fission Products in Antarctic Snow, A Reference

- Level for Measuring Accumulation », *Journal of Geophysical Research (1896-1977)*, vol. 68, n° 21, 1963, p. 5965-5972.
- PICKERING Jonathan, « Ecological Reflexivity: Characterising an Elusive Virtue for Governance in the Anthropocene », *Environmental Politics*, vol. 28, n° 7, 10 novembre 2019, p. 1145-1166.
- PIERRE SIMON LAPLACE, « De la chaleur de la Terre et de la diminution de la durée du jour par son refroidissement », dans *Œuvres de Laplace*, Paris, Imprimerie royale, 1846, vol. 5, p. 70-86.
- PIKE John, « The Military Uses of Outer Space », dans Stockholm International Peace Research Institute (éd.), *SIPRI Yearbook 2002. Armaments, Disarmament and International Security*, Oxford, Oxford University Press, 2002, p. 613-655.
- PLASS Gilbert N., « The Carbon Dioxide Theory of Climatic Change », *Tellus*, vol. 8, n° 2, 1956, p. 140-154.
- POISSON Siméon Denis, *Théorie mathématique de la chaleur*, Paris, Bachelier, 1835.
- POLUNIN Nicholas, « Fourth General Assembly of the Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE) of the International Council of Scientific Unions (ICSU), held at the Royal Swedish Academy of Sciences, Stockholm, Sweden, 11–15 June 1979 », *Environmental Conservation*, vol. 6, n° 3, ed 1979, p. 248-248.
- PORCELLI Don et Mark BASKARAN, « An Overview of Isotope Geochemistry in Environmental Studies », dans Mark Baskaran (éd.), *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, Berlin ; New York, Springer, 2011, p. 11-32.
- POUILLET Claude Servais Matthias, *Mémoire sur la chaleur solaire : sur les pouvoirs rayonnants et absorbants de l'air atmosphérique et sur la température de l'espace*, Paris, Bachelier, 1838.
- PRETTY Jules, Bill ADAMS, Fikret BERKES, Simone Ferreira DE ATHAYDE, Nigel DUDLEY, Eugene HUNN, Luisa MAFFI, Kay MILTON, David RAPPORT, Paul ROBBINS, Eleanor STERLING, Sue STOLTON, Anna TSING, Erin VINTINNER et Sarah PILGRIM, « The Intersections of Biological Diversity and Cultural Diversity: Towards Integration », *Conservation and Society*, vol. 7, n° 2, 2009, p. 100-112.
- PRICE Martin F., « Global Change: Defining the Ill-Defined », *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, vol. 31, n° 8, 1^{er} octobre 1989, p. 18-44.
- PRICE R., *Report of the Ad Hoc Working Group on Geological Processes, Past and Present*, Paris, ICSU, 1986.
- PROSH Eric C. et Alexander D. MCCracken, « Postapocalypse Stratigraphy: Some Considerations and Proposals », *Geology*, vol. 13, n° 1, 1^{er} janvier 1985, p. 4-5.
- QUENET Grégory, « L'Anthropocène et le temps des historiens », *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, vol. 72, n° 02, juin 2017, p. 267-299.
- QUENET Grégory, « Chapitre 11. Un nouveau champ d'organisation de la recherche, les

- humanités environnementales », dans Guillaume Blanc, Elise Demeulenaere et Wolf Feuerhahn (éd.), *Humanités environnementales : enquêtes et contre-enquêtes*, Paris, France, Publications de la Sorbonne, 2017, p. 255-270.
- RAMBLER Mitchell B., *Global Biology Research Program: Program Plan*, Washington, D.C., NASA, Technical Memorandum, 85629, 1983.
- RANKAMA Kaverlo et Th. G. SAHAMA, *Geochemistry*, Chicago, University of Chicago Press, 1949.
- RAPLEY Chris, « Simulating and Observing the Earth System: Summary », dans Will Steffen, Jill Jäger, David J Carson et Clare Bradshaw (éd.), *Challenges of a Changing Earth Proceedings of the Global Change Open Science Conference, Amsterdam, The Netherlands, 10-13 July 2001*, Berlin, Springer Berlin, 2003, p. 157-159.
- RAPPAPORT Rhoda, *When Geologists Were Historians, 1665-1750*, Ithaca (N.Y.), Cornell University Press, 1997.
- RASCH Philip J., Paul J. CRUTZEN et Danielle B. COLEMAN, « Exploring the Geoengineering of Climate Using Stratospheric Sulfate Aerosols: The Role of Particle Size », *Geophysical Research Letters*, vol. 35, n° 2, 26 janvier 2008.
- RASMUSSEN Anne, « Sciences et guerre », dans Dominique Pestre et Christophe Bonneuil (éd.), *Histoire des sciences et des savoirs : Le siècle des technosciences*, Paris, Éditions du Seuil, 2015, vol. 3/3, p. 47-66.
- RAYMO Maureen E. et William F. RUDDIMAN, « Tectonic Forcing of late Cenozoic Climate », *Nature*, vol. 359, n° 6391, 10 septembre 1992, p. 117-122.
- RAYNAUD Dominique, « Anthropocène. Technique. Deux points de contact entre science et pensée partisane », *Zilsel*, N° 3, n° 1, 13 février 2018, p. 261-277.
- REIDY Michael S., « Introduction : John Tyndall Scientific Naturalism and Modes of Communication », dans Bernard V. Lightman et Michael S. Reidy (éd.), *The Age of Scientific Naturalism: Tyndall and His Contemporaries*, London ; Brookfield, Vermont, Pickering & Chatto, 2014, p. 1-13.
- RENEVIER Eugène, *Chronographe géologique*, 1^{re} éd., Lausanne, G. Bridel, 1897.
- RENEVIER Eugène, *Tableau des terrains sédimentaires formés pendant les époques de la phase organique du globe terrestre*, Lausanne, Librairie Rouge & Dubois, 1874.
- RENNE Paul R., Courtney J. SPRAIN, Mark A. RICHARDS, Stephen SELF, Loïc VANDERKLUYSEN et Kanchan PANDE, « State Shift in Deccan Volcanism at the Cretaceous-Paleogene Boundary, Possibly Induced by Impact », *Science*, vol. 350, n° 6256, octobre 2015, p. 76-78.
- REVEL Judith, *Le vocabulaire de Foucault*, Paris, Ellipses, 2004.
- REVELLE Roger et Hans E. SUESS, « Carbon Dioxide Exchange Between Atmosphere and Ocean and the Question of an Increase of Atmospheric CO₂ during the Past Decades », *Tellus*, vol. 9, n° 1, 1957, p. 18-27.

- REVKIN Andrew, *Global warming: understanding the forecast*, New York, Abbeville Press, 1992.
- RHODES Richard, *The Making of the Atomic Bomb*, 1st edition, New York, Simon & Schuster, 1987.
- RICHET Pascal, *L'âge du monde: a la découverte de l'immensité du temps*, Paris, Seuil, 1999.
- RICŒUR Paul, « Le retour de l'Événement », *Mélanges de l'école française de Rome*, vol. 104, n° 1, 1992, p. 29-35.
- RIDE Sally, *Leadership and America's Future in Space: A Report to the Administrator*, Washington, D.C., NASA, 1987.
- ROBIC, « Geography », dans David C. Lindberg, Roy Porter, Ronald L. Numbers, Theodore M. Porter, Dorothy Ross, Mary Jo Nye, Katharine Park et Lorraine Daston (éd.), *The Cambridge History of Science: Volume 7, The Modern Social Sciences*, Cambridge, Cambridge University Press, 2003, p. 379-390.
- ROBIN Libby et Will STEFFEN, « History for the Anthropocene », *History Compass*, vol. 5, n° 5, août 2007, p. 1694-1719.
- ROCKSTRÖM Johan, Will STEFFEN, Kevin NOONE, Åsa PERSSON, F. Stuart III CHAPIN, Eric LAMBIN, Timothy LENTON, Marten SCHEFFER, Carl FOLKE, Hans Joachim SCHELLNHUBER, Björn NYKVIST, Cynthia DE WIT, Terry HUGHES, Sander VAN DER LEEUW, Henning RODHE, Sverker SÖRLIN, Peter SNYDER, Robert COSTANZA, Uno SVEDIN, Malin FALKENMARK, Louise KARLBERG, Robert CORELL, Victoria FABRY, James HANSEN, Brian WALKER, Diana LIVERMAN, Katherine RICHARDSON, Paul CRUTZEN et Jonathan FOLEY, « Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity », *Ecology and Society*, vol. 14, n° 2, 18 novembre 2009.
- ROCKSTRÖM Johan, Will STEFFEN, Kevin NOONE, Åsa PERSSON, F. Stuart CHAPIN, Eric F. LAMBIN, Timothy M. LENTON, Marten SCHEFFER, Carl FOLKE, Hans Joachim SCHELLNHUBER, Björn NYKVIST, Cynthia A. DE WIT, Terry HUGHES, Sander VAN DER LEEUW, Henning RODHE, Sverker SÖRLIN, Peter K. SNYDER, Robert COSTANZA, Uno SVEDIN, Malin FALKENMARK, Louise KARLBERG, Robert W. CORELL, Victoria J. FABRY, James HANSEN, Brian WALKER, Diana LIVERMAN, Katherine RICHARDSON, Paul CRUTZEN et Jonathan A. FOLEY, « A Safe Operating Space for Humanity », *Nature*, vol. 461, n° 7263, 24 septembre 2009, p. 472-475.
- RODARY Estienne, « Présentation de L'homme et la nature ; ou la géographie physique modifiée par l'action humaine », *Ecologie & politique*, I, n° 35, 2008, p. 155-164.
- RODO Xavier et Francisco. A COMIN, *Global Climate: Current Research and Uncertainties in the Climate System*, Berlin ; London, Springer, coll. « Global Change - The IGBP Series », 2003.
- ROEDERER Juan G., *Report of the Ad Hoc Working Group on Upper Atmosphere and Near-Space Environment*, Paris, ICSU, 1986.
- ROME Adam, « "Give Earth a Chance": The Environmental Movement and the Sixties », *The Journal of American History*, vol. 90, n° 2, 2003, p. 525-554.

- ROTTER Andrew J., *Hiroshima: The World's Bomb*, Oxford ; New York, Oxford University Press, 2008.
- ROY-BARMAN Matthieu et Catherine JEANDEL, *Marine Geochemistry: Ocean Circulation, Carbon Cycle and Climate Change*, New York, Oxford University Press, 2016.
- ROZWADOWSKI Helen. M, *Vast Expanses: A History of the Oceans*, London, Reaktion books, 2018.
- RUDDIMAN William F., « Geographic Evidence of the Early Anthropogenic Hypothesis », *Anthropocene*, vol. 20, Supplement C, 1^{er} décembre 2017, p. 4-14.
- RUDDIMAN William F., « The Anthropocene », *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, vol. 41, n° 1, 30 mai 2013, p. 45-68.
- RUDDIMAN William F., « The Anthropogenic Greenhouse Era Began Thousands of Years Ago », *Climatic Change*, vol. 61, n° 3, décembre 2003, p. 261-293.
- RUDDIMAN William F., Michael C. CRUCIFIX et Frank A. OLDFIELD, « Introduction to the early-Anthropocene Special Issue », *The Holocene*, vol. 21, n° 5, août 2011, p. 713-713.
- RUDDIMAN William F. et Erle C. ELLIS, « Effect of Per-Capita Land Use Changes on Holocene Forest Clearance and CO2 Emissions », *Quaternary Science Reviews*, vol. 28, n° 27-28, décembre 2009, p. 3011-3015.
- RUDDIMAN William F. et Jonathan S. THOMSON, « The Case for Human Causes of Increased Atmospheric CH4 Over the Last 5000 Years », *Quaternary Science Reviews*, vol. 20, n° 18, décembre 2001, p. 1769-1777.
- RUDWICK Martin J. S., *Earth's Deep History: How It Was Siscovered and Why It Matters*, Chicago, The University of Chicago Press, 2014.
- RUDWICK Martin J. S, *Worlds Before Adam: The Reconstruction of Geohistory in the Age of Reform*, Chicago, University of Chicago Press, 2010.
- RUDWICK Martin J. S, *Bursting the Limits of Time. The Reconstruction of Geohistory in the Age of Revolution*, Chicago, University of Chicago Press, 2007.
- RUDWICK Martin J. S, *The Meaning of Fossils*, Chicago, University of Chicago Press, 1985.
- RULL Valenti, « A Futurist Perspective on the Anthropocene », *The Holocene*, vol. 23, n° 8, 1^{er} août 2013, p. 1198-1201.
- SACHS Wolfgang et Gustavo ESTEVA, *Des ruines du développement*, Montréal, Éditions Écosociété, 1996.
- SAGAN Carl et George MULLEN, « Earth and Mars: Evolution of Atmospheres and Surface Temperatures », *Science*, vol. 177, n° 4043, 7 juillet 1972, p. 52-56.
- SAMUEL HAUGHTON, *Manual of Geology*, London, Longman, Green, Longman, Roberts & Green, 1865.

- SCHELL Jonathan, *The Fate of the Earth*, New York, Knopf, 1982.
- SCHELLNHUBER Hans Joachim, « Chapter 28: Coping with Earth System Complexity and Irregularity », dans Will Steffen, Jill Jäger, David J. Carson et Clare Bradshaw (éd.), *Challenges of a Changing Earth. Proceedings of the Global Change Open Science Conference, Amsterdam, The Netherlands, 10–13 July 2001*, Berlin, Springer, 2003, p. 151-156.
- SCHELLNHUBER Hans Joachim, « The Waikiki Principles: Rules for a New GAIM », *Research GAIM*, vol. 3, n° 2, 2000, p. 2-4.
- SCHELLNHUBER Hans Joachim, « ‘Earth system’ Analysis and the Second Copernican Revolution », *Nature*, vol. 402, n° 6761, décembre 1999, p. C19-C23.
- SCHELLNHUBER Hans Joachim, « Earth System Analysis - The Scope of the Challenge », dans Hans Joachim Schellnhuber et Volker Wenzel (éd.), *Earth System Analysis: Integrating Science for Sustainability*, Berlin ; Heidelberg, Springer, 1998, p. 3-195.
- SCHELLNHUBER Hans Joachim, William C. CLARK, Martin CLAUSSEN et Hermann HELD (éd.), *Earth System Analysis for Sustainability*, Cambridge (Mass), MIT ; Dahlem University Press, coll. « Dahlem Workshops reports », 2004.
- SCHELLNHUBER Hans Joachim et Volker WENZEL, *Earth System Analysis: Integrating Science for Sustainability*, Berlin, Heidelberg, Springer Berlin Heidelberg, 1998.
- SCHLOSSER Eric, *Command and Control: Nuclear Weapons, the Damascus Accident, and the Illusion of Safety*, New York, Penguin Books, 2014.
- SCHNEIDER Stephen H., « Geoengineering: Could— or Should— We Do It? », *Climatic Change*, vol. 33, n° 3, 1^{er} juillet 1996, p. 291-302.
- SCHUCHERT Charles et Louis PIRSSON, *A Text-book of Geology: For Use in Universities, Colleges, Schools of Science, Etc., and for the General Reader*, 2^e éd., New York, John Wiley & Sons, 1924 (édition originale : 1915).
- SCHWARZBACH Martin, *Climates Of The Past: An Introduction to Paleoclimatology*, Richard O. Muir (trad.), London, Van Nostrand Company, 1963.
- SCIENCE AND MISSION REQUIREMENTS WORKING GROUP (NASA), *Earth Observing System: Science and Mission Requirements: Volume I*, Washington, D.C., NASA, Technical Memorandum, 86129, 1984.
- SCOPE, *Biogeochemistry of Major World Rivers*, Chichester ; New York, ICSU ; Wiley, SCOPE Report, n°42, 1990.
- SCOPE, *Biological Invasions - A Global Perspective*, Chichester ; New York, ICSU ; Wiley, SCOPE Report, n°37, 1989.
- SCOPE, *Evolution of the Global Biogeochemical Sulphur Cycle*, Chichester ; New York, ICSU ; Wiley, SCOPE Report, n°39, 1989.
- SCOPE, *Scales and Global Change: Spatial and Temporal Variability in Biospheric and*

- Geospheric Processes*, Chichester ; New York, ICSU ; Wiley, SCOPE Report, n°35, 1988.
- SCOPE, *Land Transformation in Agriculture*, Chichester ; New York, ICSU ; Wiley, SCOPE Report, n°32, 1987.
- SCOPE, *Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment*, Chichester ; New York, ICSU ; Wiley, SCOPE Report, n°31, 1987.
- SCOPE, *Noise Pollution*, Chichester ; New York, ICSU ; Wiley, SCOPE Report, n°24, 1986.
- SCOPE, *The Greenhouse Effect, Climatic Change and Ecosystems*, Chichester ; New York, ICSU ; Wiley, SCOPE Report, n°29, 1986.
- SCOPE, *Climate Impact Assessment: Studies of the Interaction of Climate and Society*, ICSU/SCOPE, SCOPE Report, n°27, 1985.
- SCOPE, *Environmental Consequences of Nuclear War: Volume I*, Chichester ; New York, ICSU ; Wiley, SCOPE Report, n°28, 1985.
- SCOPE, *Environmental Consequences of Nuclear War: Volume II*, Chichester ; New York, ICSU ; Wiley, SCOPE Report, n°28, 1985.
- SCOPE, *The Role of Terrestrial Vegetation in the Global Carbon Cycle: Measurement by Remote Sensing*, Chichester ; New York, ICSU ; Wiley, SCOPE Report, n°23, 1984.
- SCOPE, *The Global Biogeochemical Sulphur Cycle*, Chichester ; New York, ICSU ; Wiley, SCOPE Report, n°19, 1983.
- SCOPE, *The Major Biogeochemical Cycles and their Interactions*, Chichester ; New York, ICSU ; Wiley, SCOPE Report, n°21, 1983.
- SCOPE, *Some Perspectives of the Major Biogeochemical Cycles*, Chichester ; New York, ICSU ; Wiley, SCOPE Report, n°17, 1981.
- SCOPE, *The Global Carbon Cycle*, Stockholm, ICSU, SCOPE Report, n°13, 1979.
- SCOPE, *Environmental Issues*, Stockholm, ICSU, SCOPE Report, n°10, 1977.
- SCOPE, *Nitrogen, Phosphorus and Sulphur: Global Cycles*, Stockholm, ICSU, SCOPE Report, n°7, 1976.
- SCOPE, *Environmental Impact Assessment: Principles and Procedures. : SCOPE Workshop on Impact Studies in the Environment (WISE)*, Stockholm, ICSU, SCOPE Report, n°5, 1975.
- SCOPE, *Global Environmental Monitoring System (GEMS). Action Plan for Phase I*, Stockholm, ICSU, SCOPE Report, n°3, 1973.
- SCOPE, *Global Environmental Monitoring*, Stockholm, ICSU, SCOPE Report, n°1, 1971.
- SCOR, « Past SCOR Working Groups – Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR) », sans date (en ligne : <https://scor-int.org/work/groups/past/> ; consulté le 18 septembre

- 2019).
- SCOTT James C., *Homo domesticus : une histoire profonde des premiers États*, Marc Saint-Upéry (trad.), Paris, la Découverte, 2019.
- SCOTT James C., *Seeing Like a State: How Certain Schemes to Improve the Human Condition Have Failed*, New Haven, Yale University Press, 1998.
- SEITZINGER Sybil P., Owen GAFFNEY, Guy BRASSEUR, Wendy BROADGATE, Phillipe CIAIS, Martin CLAUSSEN, Jan Willem ERISMAN, Thorsten KIEFER, Christiane LANCELOT, Paul S. MONKS, Karen SMYTH, James SYVITSKI et Mitsuo UEMATSU, « International Geosphere–Biosphere Programme and Earth System Science: Three Decades of Co-Evolution », *Anthropocene*, vol. 12, 1^{er} décembre 2015, p. 3-16.
- SERRES Michel, *Le contrat naturel*, Paris, Flammarion, 2009.
- SERVIGNE Pablo et Raphaël STEVENS, *Comment tout peut s'effondrer : petit manuel de collapsologie à l'usage des générations présentes*, Paris, Seuil, 2015.
- SHACKLETON Nicholas John et Neil D. OPDYKE, « Oxygen Isotope and Palaeomagnetic Stratigraphy of Equatorial Pacific Core V28-238: Oxygen Isotope Temperatures and Ice Volumes on a 10⁵ Year and 10⁶ Year Scale », *Quaternary Research*, vol. 3, n° 1, juin 1973, p. 39-55.
- SHALER Nathaniel Southgate, *Man and the Earth*, New York, Fox, Duffield & Company, 1905.
- SHAPELY Harlow, *Climatic Change : Evidence ,Causes, and Effects*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press, 1953.
- SHAPIN Steven et Simon SCHAFFER, *Le Leviathan et la pompe à air : Hobbes et Boyle entre science et politique*, Paris, La Découverte, 1993.
- SHAPIRO Beth Alison, *How to Clone a Mammoth: The Science of De-Extinction*, Princeton, Princeton University Press, 2015.
- SHARP Zachary, *Principles of Stable Isotope Geochemistry*, Upper Saddle River, New Jersey, Pearson Prentice Hall, 2007.
- SHASHUKOV E. A. et V. N. ROMANOVSKIY, « Vladimir Ivanovich Vernadsky: A philosopher, a Natural Scientist, a Science Organizer (to 150th birthday anniversary) », *Radiochemistry*, vol. 55, n° 1, janvier 2013, p. 1-4.
- SHEPHERD John, *Geoengineering the Climate: Science, Governance and Uncertainty*, London, The Royal Society, 2009.
- SHERLOCK Robert Lionel, *Man's Influence on the Earth*, London, T. Butterworth, 1931.
- SHERLOCK Robert Lionel, *Man as a Geological Agent: an Account of his Action on Inanimate Nature*, Londres, H. F. & G. Witherby, 1922.
- SMIC, *Inadvertent Climate Modification: Report of the Study of Man's Impact on Climate*, 2nd printing, Cambridge (Mass.), MIT Press, 1973.

- SMIL Vaclav, « It's Too Soon to Call This the Anthropocene », *IEEE Spectrum*, vol. 56, n° 6, 2015, p. 28.
- SMITH Adam, *Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations*, Germain Garnier (trad.), Paris, Flammarion, 1991.
- SMITH Bruce D. et Melinda A. ZEDER, « The Onset of the Anthropocene », *Anthropocene*, vol. 4, coll. « When Humans Dominated the Earth: Archeological Perspectives on the Anthropocene », 1^{er} décembre 2013, p. 8-13.
- SMITH Frederick E., « The International Biological Program and the Science of Ecology », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 60, n° 1, 1968, p. 5-11.
- SPACE SCIENCE BOARD (NRC), *Space Science in the Twenty-First Century: Imperatives for the Decades 1995 to 2015. Overview*, Washington, D.C., NASA, Livre, 19890005771, 1988.
- SPACE SCIENCE BOARD (NRC), *Space Science in the Twenty-First Century: Imperatives for the Decades 1995 to 2015. Mission to Planet Earth*, Washington, D.C., NASA, Livre, 19890005772, 1988.
- SPANO Tyler L., Antonio SIMONETTI, Enrica BALBONI, Corinne DORAIS et Peter C. BURNS, « Trace Element and U Isotope Analysis of Uraninite and Ore Concentrate: Applications for Nuclear Forensic Investigations », *Applied Geochemistry*, vol. 84, 1^{er} septembre 2017, p. 277-285.
- SPIILHAUS Athelstan F., « Sea and Air Resources », *Geographical Review*, vol. 44, n° 3, 1954, p. 346-351.
- STAR Susan Leigh et James R. GRIESEMER, « Institutional Ecology, “Translations” and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39 », *Social Studies of Science*, vol. 19, n° 3, 1989, p. 387-420.
- STEBBINS George L., « International Biological Program », *Science*, vol. 137, n° 3532, 7 septembre 1962, p. 768-770.
- STEFFEN Will, « Entretien avec W. Steffen », entretien réalisé par Pierre de Jouvancourt, 21 mars 2018.
- STEFFEN Will, « Looking Back to the Future », *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, vol. 37, n° sp14, novembre 2008, p. 507-513.
- STEFFEN Will, « The Arctic in an Earth System Context: From Brake to Accelerator of Change », *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, vol. 35, n° 4, juin 2006, p. 153-159.
- STEFFEN Will, « The Anthropocene, Global Change and Sleeping Giants: Where on Earth are We Going? », *Carbon Balance and Management*, vol. 1, n° 1, 2006, p. 3.
- STEFFEN Will (éd.), *Global change and the Earth System: A Planet Under Pressure*, Berlin ; New York, Springer, coll. « Global Change - The IGBP Series », 2004.

- STEFFEN Will, « Will Technology Spare the Planet? », dans Will Steffen, Jill Jäger, David J Carson et Clare Bradshaw (éd.), *Challenges of a Changing Earth: Proceedings of the Global Change Open Science Conference, Amsterdam, the Netherlands, 10-13 July 2001*, Berlin, Heidelberg, Springer, 2003, p. 189-191.
- STEFFEN Will, « Latest News on the Open Science Conference », *Global Change: IPGP Newsletter*, n° 42, O8 2000, p. 4-5.
- STEFFEN Will, Wendy BROADGATE, Lisa DEUTSCH, Owen GAFFNEY et Cornelia LUDWIG, « The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration », *The Anthropocene Review*, vol. 2, n° 1, 1^{er} avril 2015, p. 81-98.
- STEFFEN Will, Paul J. CRUTZEN et John R. MCNEILL, « The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature », *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, vol. 36, n° 8, décembre 2007, p. 614-621.
- STEFFEN Will, Jacques GRINEVALD, Paul CRUTZEN et John R. MCNEILL, « The Anthropocene: Conceptual and Historical Perspectives », *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 369, n° 1938, mars 2011, p. 842-867.
- STEFFEN Will, Jill JÄGER, David J CARSON et Clare BRADSHAW, « The Amsterdam Declaration on Global Change », dans *Challenges of a Changing Earth Proceedings of the Global Change Open Science Conference, Amsterdam, The Netherlands, 10-13 July 2001*, Berlin, Springer Berlin, 2003, p. 207-208.
- STEFFEN Will, Jill JÄGER, David J CARSON et Clare BRADSHAW, *Challenges of a Changing Earth: Proceedings of the Global Change Open Science Conference, Amsterdam, the Netherlands, 10-13 July 2001*, Berlin, Heidelberg, Springer, coll. « Global Change - The IGBP Series », 2002.
- STEFFEN Will et Eric LAMBIN, « Earth System Functioning in the Anthropocene: Human Impacts on the Global Environment », dans Paul J. Crutzen et Pontificia Accademia delle scienze (éd.), *Interactions between global change and human health: 31 October -2 November 2004*, Vatican City, Pontifical Academy of Sciences, coll. « Pontificiae Academiae Scientiarum scripta varia », n° 106, 2006, p. 112-144.
- STEFFEN Will, Reinhold LEINFELDER, Jan ZALASIEWICZ, Colin N. WATERS, Mark WILLIAMS, Colin SUMMERHAYES, Anthony D. BARNOSKY, Alejandro CEARRETA, Paul CRUTZEN, Matt EDGEWORTH, Erle C. ELLIS, Ian J. FAIRCHILD, Agnieszka GALUSZKA, Jacques GRINEVALD, Alan HAYWOOD, Juliana IVAR DO SUL, Catherine JEANDEL, J.r. MCNEILL, Eric ODADA, Naomi ORESKES, Andrew REVKIN, Daniel deB. RICHTER, James SYVITSKI, Davor VIDAS, Michael WAGREICH, Scott L. WING, Alexander P. WOLFE et H.j. SCHELLNHUBER, « Stratigraphic and Earth System Approaches to Defining the Anthropocene », *Earth's Future*, vol. 4, n° 8, 2016, p. 324-345.
- STEFFEN Will, Åsa PERSSON, Lisa DEUTSCH, Jan ZALASIEWICZ, Mark WILLIAMS, Katherine RICHARDSON, Carole CRUMLEY, Paul CRUTZEN, Carl FOLKE, Line GORDON, Mario MOLINA, Veerabhadran RAMANATHAN, Johan ROCKSTRÖM, Marten SCHEFFER, Hans Joachim SCHELLNHUBER et Uno SVEDIN, « The Anthropocene: From Global Change to Planetary Stewardship », *AMBIO*, vol. 40, n° 7, novembre 2011, p. 739-761.

- STEFFEN Will, Katherine RICHARDSON, Johan ROCKSTRÖM, Sarah E. CORNELL, Ingo FETZER, Elena M. BENNETT, Reinette BIGGS, Stephen R. CARPENTER, Wim de VRIES, Cynthia A. de WIT, Carl FOLKE, Dieter GERTEN, Jens HEINKE, Georgina M. MACE, Linn M. PERSSON, Veerabhadran RAMANATHAN, Belinda REYERS et Sverker SÖRLIN, « Planetary Boundaries: Guiding Human Development on a Changing Planet », *Science*, vol. 347, n° 6223, 13 février 2015, p. 1259855.
- STEFFEN Will, Johan ROCKSTRÖM, Katherine RICHARDSON, Timothy M. LENTON, Carl FOLKE, Diana LIVERMAN, Colin P. SUMMERHAYES, Anthony D. BARNOSKY, Sarah E. CORNELL, Michel CRUCIFIX, Jonathan F. DONGES, Ingo FETZER, Steven J. LADE, Marten SCHEFFER, Ricarda WINKELMANN et Hans Joachim SCHELLNHUBER, « Trajectories of the Earth System in the Anthropocene », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 115, n° 33, 14 août 2018, p. 8252-8259.
- STENGERS Isabelle, *Réactiver le sens commun : lecture de Whitehead en temps de débâcle*, Paris, La Découverte, coll. « Les empêcheurs de penser en rond », 2020.
- STENGERS Isabelle, *Au temps des catastrophes : Résister à la barbarie qui vient*, Paris, La Découverte, 2013.
- STENGERS Isabelle, « Matters of Cosmopolitics: On the Provocations of Gaïa », dans Etienne Turbin (éd.), *Architecture in the Anthropocene: Encounters Among Design, Deep Time, Science and Philosophy*, Ann Arbor, Open Humanities Press, 2013, p. 171-183. Publisher: Open Humanities Press.
- STENGERS Isabelle, *La Vierge et le neutrino : Les scientifiques dans la tourmente*, Paris, Empêcheurs de penser en rond, 2006.
- STENGERS Isabelle, *Cosmopolitiques 2 : L'invention de la mécanique*, Paris, La Découverte, 2003.
- STENGERS Isabelle, *L'invention des sciences modernes*, Paris, Flammarion, 1995.
- STOCKHOLM INTERNATIONAL PEACE RESEARCH INSTITUTE, *Environmental Warfare : a Technical, Legal, and Policy Appraisal*, Arthur H. Westing (éd.), London and Philadelphia, Taylor & Francis, 1984.
- STOCKHOLM INTERNATIONAL PEACE RESEARCH INSTITUTE, *Weapons of Mass Destruction and the Environment*, Arthur H. Westing (éd.), London, Taylor & Francis, 1977.
- STOPPANI Antonio, *Corso di geologia del Professore Antonio Stoppani : Geologia Straticafica*, Milano, G. Bernardoni e G. Brigola, 1873, vol. II.
- STOPPANI Antonio, *Note ad un corso annuale di geologia dettate per uso degli ingegneri allievi del Reale istituto tecnico superiore di Milano da Antonio Stoppani : Geologia stratigrafica*, Milano, Tipografia di Giuseppe Bernardoni, 1867.
- STUDY OF CRITICAL ENVIRONMENTAL PROBLEMS (SCEP) (éd.), *Man's impact on the global environment: Assessment and recommendations for action*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 1972.
- SUESS Eduard, *La Face de la terre*, Emmanuel de Margerie (trad.), Paris, Armand Colin, 1897,

- vol. 3/3 (édition originale : 1883–1909).
- SUESS Eduard, *Die Entstehung Der Alpen*, Wien, Braumüller, 1875.
- SUESS Hans, « Radiocarbon Concentration in Modern Wood », *Science*, vol. 122, n° 3166, 2 septembre 1955, p. 415-417.
- SUESS Hans, « Natural Radiocarbon and the Rate of Exchange of Carbon Dioxide Between the Atmosphere and the Sea », dans Lyman T. Aldrich (éd.), *Proceedings of Conference on Nuclear Processes in Geological Settings*, Washington, D.C., National Research Council, Commission on Nuclear Science, 1953, p. 52-56.
- SUGG William, P. L. SIMMONDS et J. H. GLADSTONE, « Journal of the Society for Arts, Vol. 30, no. 1558 », *The Journal of the Society of Arts*, vol. 30, n° 1558, Royal Society for the Encouragement of Arts, Manufactures and Commerce, 1882, p. 1015-1024.
- SWYNGEDOUW Erik, « Depoliticized Environments: The End of Nature, Climate Change and the Post-Political Condition », *Royal Institute of Philosophy Supplement*, vol. 69, octobre 2011, p. 253-274.
- TAINTER Joseph A., *The Collapse of Complex Societies*, Cambridge, Cambridge University Press, 2011.
- TAYLAN Ferhat, *Concepts et rationalités : Héritages de l'épistémologie historique, de Meyerson à Foucault*, Paris, Editions Matériologiques, 2018.
- TAYLOR Anja, *The Anthropocene : A New Age of Humans*, Documentaire, ABC, 2016, 27'.
- TELLER Edward et Allen BROWN, *The Legacy of Hiroshima*, Westport (Conn.), Greenwood Press, 1975.
- TEMPEST Kate, « Three Sided Coin », *The Book of Traps and Lessons*, Republic Records, 2019.
- THE ECONOMIST, « Welcome to the Anthropocene », *The Economist*, 28 mai 2011, p. 13.
- THE ROYAL SOCIETY, *Solar Radiation Management: The Governance of Research*, London, 2011.
- THOMAS William J., *Man's Role in Changing the Face of the Earth*, Chicago, University of Chicago Press, 1956, vol. 1/2.
- TOIVANEN T., K. LUMMAA, A. MAJAVA, P. JÄRVENSIVU, V. LÄHDE, T. VADEN et J. T. ERONEN, « The Many Anthropocenes: A Transdisciplinary Challenge for the Anthropocene Research », *The Anthropocene Review*, vol. 4, n° 3, 1^{er} décembre 2017, p. 183-198.
- TOMKEIEFF S. I., « Prof. V.I. Vernadsky », *Nature*, vol. 155, n° 3932, 10 mars 1945, p. 296.
- TRESPEUCH-BERTHELOT Anna, « La réception des ouvrages d'alerte environnementale dans les médias français (1948-1973) », *Le Temps des medias*, n° 25, n° 2, 24 septembre 2015, p. 104-119.
- TROMPETTE Pascale et Dominique VINCK, « Retour sur la notion d'objet-frontière », *Revue*

d'anthropologie des connaissances, Vol. 3, n° 1, n° 1, S.A.C., 22 juin 2009, p. 5-27.

TUDGE A. P., « A Method of Analysis of Oxygen Isotopes in Orthophosphate—Its Use in the Measurement of Paleotemperatures », *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 18, n° 1, 1^{er} janvier 1960, p. 81-93.

TUREKIAN Karl K., « Humans and Isotopes: Impacts and Tracers of Human Interactions with the Environment », dans Mark Baskaran (éd.), *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, Berlin ; New York, Springer, 2011, p. 33-40.

TURNER Billie Lee, William C. CLARK, Robert William KATES, John F. RICHARDS, Jessica MATHEWS et William B. MEYER (éd.), *The Earth as Transformed by Human Action: Global and Regional Changes in the Biosphere over the Past 300 Years*, Cambridge ; New York, Cambridge University Press ; Clark University, 1990.

TURNER James Morton et Andrew C. ISENBERG, *The Republican Reversal: Conservatives and the Environment from Nixon to Trump*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, 2018.

TYNDALL John, *Contributions to Molecular Physics in the Domain of Radiant Heat*, London, Longmans, Green, and co., 1872.

TYNDALL John, « On Radiation Through the Earth's Atmosphere », *Journal of The Franklin Institute-engineering and Applied Mathematics*, vol. 77, 1^{er} janvier 1864, p. 413-418.

TYNDALL John, « On the Absorption and Radiation of Heat by Gases and Vapours, and on the Physical Connexion of Radiation, Absorption, and Conduction—The Bakerian Lecture », *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, vol. 22, n° 146, 1^{er} septembre 1861, p. 169-194.

TYSON Peter D, Roland FUCHS, Congbin FU, Louis LEBEL, Hermine VLOEMANS, Eric ODADA, John PERRY, Will STEFFEN et Hassan VIRJI, *Global-Regional Linkages in the Earth System*, Berlin, Springer, coll. « Global Change - The IGBP Series », 2002.

UHRQVIST Ola, « One Model to fit all? The Pursuit of Integrated Earth System Models in GAIM and AIMES », *Historical Social Research*, vol. 40, 1^{er} janvier 2015, p. 271-297.

UHRQVIST Ola, *Seeing and Knowing the Earth as a System*, Thèse de doctorat, Linköping, Linköping University, 2014.

UHRQVIST Ola, « Governing through Knowledge – START and the Expansion of Global Environmental Research », dans Chris Methmann, Delf Rothe et Benjamin Stephan (éd.), *Interpretive Approaches to Global Climate Governance: (De)constructing the Greenhouse*, New York, Routledge, 2013, p. 152-165.

UHRQVIST Ola et Eva LÖVBRAND, « Seeing and Knowing the Earth as a System : Tracing the History of the Earth System Science Partnership », dans *Amsterdam Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change - « Earth System Governance: People, Places, and the Planet »*, Amsterdam, 2009.

UNEP, *Global environment outlook 1997*, New York, Oxford University Press, 1997.

- UNITED NATIONS, « United Nations Conference on Environment & Development, Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992 », 1992.
- UNIVERSITY OF VIRGINIA, « William F. Ruddiman », sur *Department of Environmental Sciences at the University of Virginia*, sans date (en ligne : <https://evsc.as.virginia.edu/retired-faculty> ; consulté le 11 octobre 2017).
- U.S. COMMITTEE FOR AN INTERNATIONAL GEOSPHERE-BIOSPHERE PROGRAM, *Global Change in the Geosphere-Biosphere: Initial Priorities for an IGBP*, Washington, D.C., National Research Council, Contractor Report, 19860011521, 1986.
- VAUGHAN Naomi E. et Timothy M. LENTON, « A Review of Climate Geoengineering Proposals », *Climatic Change*, vol. 109, n° 3, 1^{er} décembre 2011, p. 745-790.
- VERNADSKI Vladimir I., « The Biosphere and the Noösphere », *American Scientist*, vol. 33, n° 1, 1945, p. xxii-12. JSTO.
- VERNADSKI Vladimir I., *La Biosphère*, Paris, Librairie Félix Alcan, 1929 (édition originale : 1926).
- VERNADSKI Vladimir I., « L'autotrophie de l'humanité », *Revue générale des sciences*, n° 36, 1925, p. 495-502.
- VERNADSKI Vladimir I., *La Géochimie*, Paris, Félix Alcan, 1924.
- VIALLET Jean-Robert, *L'homme a mangé la Terre*, Documentaire, 2019, 99'.
- VISCONTI Guido, « Anthropocene: Another Academic Invention? », *Rendiconti Lincei*, vol. 25, n° 3, 1^{er} septembre 2014, p. 381-392.
- VITOUSEK Peter M., Harold A. MOONEY, Jane LUBCHENCO et Jerry M. MELILLO, « Human Domination of Earth's Ecosystems », *Science*, vol. 277, n° 5325, 25 juillet 1997, p. 494-499.
- VOGT William, *Road to survival*, New York, W. Sloane Associates, 1948.
- VOISIN Patrick et Laure de CHANTAL, *Écolo (ÉcolΩ) : Écologie et environnement en Grèce et à Rome*, Paris, Les Belles Lettres, 2014.
- WALKER Mike, Phil GIBBARD et John LOWE, « Comment on “When did the Anthropocene Begin? A Mid-Twentieth Century Boundary is Stratigraphically Optimal” by Jan Zalasiewicz et al. (2015), Quaternary International, 383, 196–203 », *Quaternary International*, vol. 383, 5 octobre 2015, p. 204-207.
- WALKER Mike, Sigfus JOHNSEN, Sune Olander RASMUSSEN, Trevor POPP, Jørgen-Peder STEFFENSEN, Phil GIBBARD, Wim HOEK, John LOWE, John ANDREWS, Svante BJÖRCK, Les C. Cwynar, Konrad HUGHEN, Peter KERSHAW, Bernd KROMER, Thomas LITT, David J. LOWE, Takeshi NAKAGAWA, Rewi NEWNHAM et Jakob SCHWANDER, « Formal Definition and Dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the Base of the Holocene Using the Greenland NGRIP Ice Core, and Selected Auxiliary Records », *Journal of Quaternary Science*, vol. 24, n° 1, janvier 2009, p. 3-17.

- WALLSTORM Margot, Bert BOLIN, Paul J. CRUTZEN et Will STEFFEN, « The Earth's Life-support System is in Peril », *Global Change: IGP Newsletter*, n° 57, mars 2004, p. 22-23.
- WANG Jishi, Tianjin CHEN, Weixing ZHANG, Yan ZHAO, Shuming YANG et Ailiang CHEN, « Tracing the Geographical Origin of Rice by Stable Isotopic Analyses Combined with Chemometrics », *Food Chemistry*, vol. 313, mai 2020, p. 126093.
- WARD Barbara et René DUBOS, *Only One Earth: The Care and Maintenance of a Small Planet*, New York, Norton, 1972.
- WASSON Robert et Arild UNDERDAL, « Human-Environment Interactions: Methods and Theory », *Global Change: IGP Newsletter*, avril 2002, p. 22-23.
- WATERS C. N., J. A. ZALASIEWICZ, M. WILLIAMS, M. A. ELLIS et A. M. SNELLING, « A Stratigraphical Basis for the Anthropocene? », *Geological Society, London, Special Publications*, vol. 395, n° 1, 14 mai 2014, p. 1-21.
- WATERS Colin N., « Entretien avec C. Waters », entretien réalisé par Pierre de Jouvancourt, 10 janvier 2018.
- WATERS Colin N., « Potential GSSP/GSSA Levels », dans J. A. Zalasiewicz, Colin N. Waters, Colin P. Summerhayes et Mark Williams (éd.), *The Anthropocene as a Geological Time Unit: A Guide to the Scientific Evidence and Current Debate*, Cambridge, Cambridge University Press, 2018, p. 269-284.
- WATERS Colin N., Jan ZALASIEWICZ, Colin SUMMERHAYES, Ian J. FAIRCHILD, Neil L. ROSE, Neil J. LOADER, William SHOTYK, Alejandro CEARRETA, Martin J. HEAD, James P. M. SYVITSKI, Mark WILLIAMS, Michael WAGREICH, Anthony D. BARNOSKY, Zhisheng AN, Reinhold LEINFELDER, Catherine JEANDEL, Agnieszka GALUSZKA, Juliana A. IVAR DO SUL, Felix GRADSTEIN, Will STEFFEN, John R. MCNEILL, Scott WING, Clément POIRIER et Matt EDGEWORTH, « Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) for the Anthropocene Series: Where and How to Look For Potential Candidates », *Earth-Science Reviews*, vol. 178, 1^{er} mars 2018, p. 379-429.
- WATERS Colin N., Jan ZALASIEWICZ, Colin SUMMERHAYES, Anthony D. BARNOSKY, Clément POIRIER, Agnieszka GALUSZKA, Alejandro CEARRETA, Matt EDGEWORTH, Erle C. ELLIS, Michael ELLIS, Catherine JEANDEL, Reinhold LEINFELDER, J. R. MCNEILL, Daniel deB RICHTER, Will STEFFEN, James SYVITSKI, Davor VIDAS, Michael WAGREICH, Mark WILLIAMS, An ZHISHENG, Jacques GRINEVALD, Eric ODADA, Naomi ORESKES et Alexander P. WOLFE, « The Anthropocene is Functionally and Stratigraphically Distinct from the Holocene », *Science*, vol. 351, n° 6269, 8 janvier 2016, p. aad2622.
- WATERS Colin W. et Jan ZALASIEWICZ, « Concrete: The Most Abundant Novel Rock Type of the Anthropocene », dans Dominick A. DellaSala et Michael I. Goldstein (éd.), *The Encyclopedia of the Anthropocene: Vol. 1*, Oxford, Elsevier, 2018, p. 75-85.
- WEART Spencer, « From the Nuclear Frying Pan into the Global Fire », *Bulletin of the Atomic Scientists*, vol. 48, n° 5, 1^{er} juin 1992, p. 18-27.
- WEARTH Spencer, *The Discovery of Global Warming*, Cambridge & London, Harvard University Press, 2003.

- WHITE Gilbert F., « SCOPE: The First Sixteen Years », *Environmental Conservation*, vol. 14, n° 1, ed 1987, p. 7-13.
- WHITE Gilbert Fowler et Mostafa K. TOLBA, « Global Life Support Systems », dans Robert W. Kates et Ian Burton (éd.), *Geography, resources, and environment: Selected writings of Gilbert F. White*, Chicago London, University of Chicago press, 1986, vol. 1/2, p. 414-417.
- WILLIAMS Mark, « Entretien avec M. Williams », entretien réalisé par Pierre de Jouvancourt, 12 janvier 2018.
- WILLIAMS Mark, *Anthropocene Working Group Newsletter*, 2009.
- WILLIAMS Mark, Matt EDGEWORTH, Jan ZALASIEWICZ, Colin N. WATERS, Will STEFFEN, Alexander P. WOLFE, Nick MINTER, Alejandro CEARRETA, Agnieszka GALUSZKA, Peter K. HAFF, John MCNEILL, Andrew C. REVKIN, Daniel RICHTER, Simon PRICE et Colin P. SUMMERHAYES, « Underground Metro Systems: a Durable Geological Proxy of Rapid Urban Population Growth and Energy Consumption During the Anthropocene », dans Craig Benjamin, Esther Quaedackers et David Baker (éd.), *The Routledge Companion to Big History*, New York, Routledge, 2019, p. 434-455.
- WILLIAMS Mark, Jan ZALASIEWICZ, PK HAFF, Christian SCHWÄGERL, Anthony D BARNOSKY et Erle C ELLIS, « The Anthropocene Biosphere », *The Anthropocene Review*, vol. 2, n° 3, 1^{er} décembre 2015, p. 196-219.
- WILLIAMS Mark, Jan ZALASIEWICZ, Colin WATERS, Stephen HIMSON, Colin SUMMERHAYES, Anthony BARNOSKY et Reinhold LEINFELDER, « The Palaeontological Record of the Anthropocene », *Geology Today*, vol. 34, n° 5, 2018, p. 188-193.
- WILLIAMS Mark, Jan ZALASIEWICZ, Colin N. WATERS, Matt EDGEWORTH, Carys BENNETT, Anthony D. BARNOSKY, Erle C. ELLIS, Michael A. ELLIS, Alejandro CEARRETA, Peter K. HAFF, Juliana A. IVAR DO SUL, Reinhold LEINFELDER, John R. MCNEILL, Eric ODADA, Naomi ORESKES, Andrew REVKIN, Daniel deB RICHTER, Will STEFFEN, Colin SUMMERHAYES, James P. SYVITSKI, Davor VIDAS, Michael WAGREICH, Scott L. WING, Alexander P. WOLFE et An ZHISHENG, « The Anthropocene: A Conspicuous Stratigraphical Signal of Anthropogenic Changes in Production and Consumption Across the Biosphere », *Earth's Future*, vol. 4, n° 3, 1^{er} mars 2016, p. 34-53.
- WOLFF Eric W., « Ice Sheets and the Anthropocene », *Geological Society, London, Special Publications*, vol. 395, n° 1, 30 juin 2014, p. 255-263.
- WOLFF Torben, *The Creation and First Years of SCOR (Scientific Committee on Oceanic Research)*, SCOR, coll. « SCOR History Report », 2010.
- WORLD RESOURCES INSTITUTE (éd.), *World resources: 1986*, New York, Basic Books, 1986.
- WORSTER Donald, *Nature's Economy: A History of Ecological Ideas*, Cambridge (GB), Cambridge University Press, 1994.
- WUNDER Michael B., « Determining Geographic Patterns of Migration and Dispersal Using Stable Isotopes in Keratins », *Journal of Mammalogy*, vol. 93, n° 2, 30 avril 2012, p. 360-367.

- YOUNG Oran R. et Will STEFFEN, « The Earth System: Sustaining Planetary Life-Support Systems », dans F. Stuart Chapin, Gary P. Kofinas et Carl Folke (éd.), *Principles of Ecosystem Stewardship: Resilience-Based Natural Resource Management in a Changing World*, 1st ed, New York, Springer, 2009, p. 295-319.
- YUSOFF Kathryn, *A Billion Black Anthropocenes or None*, Minneapolis, University of Minnesota Press, 2018.
- YUSOFF Kathryn, « The Geoengine: Geoengineering and the Geopolitics of Planetary Modification »:, *Environment and Planning A*, vol. 45, n° 12, 1^{er} décembre 2013, p. 2799-2808. Sage UK: London, England.
- YUSOFF Kathryn, Elizabeth GROSZ, Nigel CLARK, Arun SALDANHA, Kathryn YUSOFF, Catherine NASH et Elizabeth GROSZ, « Geopower: A Panel on Elizabeth Grosz's Chaos, Territory, Art: Deleuze and the Framing of the Earth », *Environment and Planning D: Society and Space*, vol. 30, n° 6, 1^{er} décembre 2012, p. 971-988.
- ZALASIEWICZ Jan, « Entretien avec J. Zalasiewicz », entretien réalisé par Pierre de Jouvancourt, 9 janvier 2018.
- ZALASIEWICZ Jan, *The Earth after Us: What Legacy Will Humans Leave in the Rocks?*, Oxford, Oxford University Press, 2009.
- ZALASIEWICZ Jan, « Buried Treasure », *New Scientist*, n° 2140, 1998, p. 26-30.
- ZALASIEWICZ Jan, Maria BIANCA CITA, Frits HILGEN, Brian R. PRATT, André STRASSER, Jacques THIERRY et Helmut WEISSERT, « Chronostratigraphy and Geochronology: A Proposed Realignment », *GSA Today*, vol. 23, n° 3, mars 2013, p. 4-8.
- ZALASIEWICZ Jan, Paul J. CRUTZEN et Will STEFFEN, « The Anthropocene », dans Felix M. Gradstein (éd.), *The Geologic Time Scale 2012*, Amsterdam ; Boston, Elsevier, 2012, p. 1033-1040.
- ZALASIEWICZ Jan, Ryszard KRYZA et Mark WILLIAMS, « The Mineral Signature of the Anthropocene in its Deep-Time Context », *London Geological Society, Special Publications*, vol. 395, n° 1, 14 mai 2014, p. 109-117.
- ZALASIEWICZ Jan, Will STEFFEN, Reinhold LEINFELDER, Mark WILLIAMS et Colin WATERS, « Petrifying Earth Process: The Stratigraphic Imprint of Key Earth System Parameters in the Anthropocene », *Theory, Culture & Society*, vol. 34, n° 2-3, 1^{er} mai 2017, p. 83-104.
- ZALASIEWICZ Jan, Colin N WATERS, Martin J HEAD, Clément POIRIER, Colin P SUMMERHAYES, Reinhold LEINFELDER, Jacques GRINEVALD, Will STEFFEN, Jaia SYVITSKI, Peter HAFF, John R MCNEILL, Michael WAGREICH, Ian J FAIRCHILD, Daniel D RICHTER, Davor VIDAS, Mark WILLIAMS, Anthony D BARNOSKY et Alejandro CEARRETA, « A Formal Anthropocene is Compatible with but Distinct From its Diachronous Anthropogenic Counterparts: A Response to W.F. Ruddiman's 'Three Flaws in Defining a Formal Anthropocene' », *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, vol. 43, n° 3, 1^{er} juin 2019, p. 319-333.
- ZALASIEWICZ Jan, Colin N. WATERS, Mark WILLIAMS, Anthony D. BARNOSKY, Alejandro

- CEARRETA, Paul CRUTZEN, Erle ELLIS, Michael A. ELLIS, Ian J. FAIRCHILD, Jacques GRINEVALD, Peter K. HAFF, Irka HAJDAS, Reinhold LEINFELDER, John MCNEILL, Eric O. ODADA, Clément POIRIER, Daniel RICHTER, Will STEFFEN, Colin SUMMERHAYES, James P. M. SYVITSKI, Davor VIDAS, Michael WAGREICH, Scott L. WING, Alexander P. WOLFE, Zhisheng AN et Naomi ORESKES, « When did the Anthropocene Begin? A Mid-Twentieth Century Boundary Level is Stratigraphically Optimal », *Quaternary International*, vol. 383, 5 octobre 2015, p. 196-203.
- ZALASIEWICZ Jan, Colin N. WATERS, Alexander P. WOLFE, Anthony D. BARNOSKY, Alejandro CEARRETA, Matt EDGEWORTH, Erle C. ELLIS, Ian J. FAIRCHILD, Felix M. GRADSTEIN, Jacques GRINEVALD, Peter HAFF, Martin J. HEAD, Juliana A. IVAR DO SUL, Catherine JEANDEL, Reinhold LEINFELDER, John R. MCNEILL, Naomi ORESKES, Clément POIRIER, Andrew REVKIN, Daniel de B. RICHTER, Will STEFFEN, Colin SUMMERHAYES, James P.M. SYVITSKI, Davor VIDAS, Michael WAGREICH, Scott WING et Mark WILLIAMS, « Making the Case for a Formal Anthropocene Epoch: An Analysis of Ongoing Critiques », *Newsletters on Stratigraphy*, vol. 50, n° 2, 1^{er} avril 2017, p. 205-226.
- ZALASIEWICZ Jan et Mark WILLIAMS, « Message d'invitation à la participation à l'AWG », AWG, 2009.
- ZALASIEWICZ Jan, Mark WILLIAMS, R. FORTEY, Alan SMITH, Tiffany L. BARRY, Angela L. COE, Paul R. BOWN, Peter F. RAWSON, Andrew GALE, Philip GIBBARD, F. J. GREGORY, Mark W. HOUNSLOW, Andrew C. KERR, PEARSON, PAUL, Robert KNOX, ROBERT, John POWELL, Colin WATERS, John MARSHALL, Michael OATES et Philip STONE, « Stratigraphy of the Anthropocene », *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 369, n° 1938, 13 mars 2011, p. 1036-1055.
- ZALASIEWICZ Jan, Mark WILLIAMS, Allan HAYWOOD et Mike ELLIS, « The Anthropocene: A New Epoch of Geological Time? », *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, vol. 369, n° 1938, 13 mars 2011, p. 835-841.
- ZALASIEWICZ Jan, Mark WILLIAMS, Alan SMITH, Tiffany L. BARRY, Angela L. COE, Paul R. BOWN, Patrick BRENCHLEY, David CANTRILL, Andrew GALE, Philip GIBBARD, F. John GREGORY, Mark W. HOUNSLOW, Andrew C. KERR, Paul PEARSON, Robert KNOX, John POWELL, Colin WATERS, John MARSHALL, Michael OATES, Peter RAWSON et Philip STONE, « Are We Now Living in the Anthropocene? », *GSA Today*, vol. 18, n° 2, 2008, p. 4.
- ZALASIEWICZ Jan, Mark WILLIAMS, Will STEFFEN et Paul CRUTZEN, « Response to “The Anthropocene Forces us to Reconsider Adaptationist Models of Human-Environment Interactions” », *Environmental Science & Technology*, vol. 44, n° 16, 15 août 2010, p. 6008.
- ZALASIEWICZ Jan, Mark WILLIAMS, Will STEFFEN et Paul CRUTZEN, « The New World of the Anthropocene », *Environmental Science & Technology*, vol. 44, n° 7, avril 2010, p. 2228-2231.
- ZALASIEWICZ Jan, Mark WILLIAMS et Colin N. WATERS, « Can an Anthropocene Series be Defined and Recognized? », *London Geological Society, Special Publications*, vol. 395,

n° 1, 14 mai 2014, p. 39-53.

ZHOU Xiaoteng, Mark Patrick TAYLOR, Helen SALOUROS et Shiva PRASAD, « Authenticity and Geographic Origin of Global Honeys Determined Using Carbon Isotope Ratios and Trace Elements », *Scientific Reports*, vol. 8, n° 1, décembre 2018, p. 14639.

ZILBERSTEIN Anya, *A Temperate Empire: Making Climate Change in Early America*, New York, OUP USA, 2016.

ZIMMERMANN Maurice, « Croisière du Duc d'Orléans dans l'Atlantique boréal en 1909 », *Annales de géographie*, n° 103, 1910, p. 95.

ZITOUNI Benedikte et François THOREAU, « Contre l'effondrement : agir pour des milieux vivaces », *Effondrement des Alpes*, ESAA éditions, vol. 1, sans date, p. 55-58.

SCIENCE AND MISSION REQUIREMENTS WORKING GROUP (NASA), *Earth Observing System: Science and Mission Requirements: Volume I*, Washington, D.C., NASA, Technical Memorandum, 86129, 1984.

The Popular Educator: A Complete Encyclopaedia of Elementary, Advanced and Technical Education, London, Cassell, Petter & Galpin, 1888, 6 vol.

Index raisonné des noms et des institutions

- AEC (Atomic Energy Commission), 207, 223-224
- AGI (Année géophysique internationale), 192
- ARRHENIUS, Svante, 201-205, 207, 210-210
- ASTON, Francis W., 218
- AWG (Anthropocene Working Group), 26, 50, 416-430, 438-452, 479-480, 493, 499
- BARNABY, Frank, 194-195
- BENSAUDE-VINCENT, Bernadette, 48
- BOLIN, Bert, 182, 226, 250, 286-287, 262-263, 375, 394
- BONNEUIL, Christophe, 35, 40, 43, 45, 73, 154, 163, 165-4, 503
- BOUDIA, 505
- BRAUDEL, Fernand, 58-59, 384
- BRETHERTON, Francis, 274-279, 286
- BRETHERTON, groupe de, 275-278, 290, 298
- BROECKER, Wallace, 220-222, 228, 268
- BRUNDTLAND, Harlem Gro, 315, 321, 324
- BUFFON, Georges-Louis Leclerc de, 71, 81-83, 435
- BYRSON, Reid, 231
- CALENDAR, Guy, 102-105, 182
- CANGUILHEM, Georges, 67-70, 140, 348, 454, 465
- CEA (Commissariat à l'Energie Atomique), 223
- CHAKRABARTY, Dipesh, 30-32, 42, 508-509
- CHAMBERLIN, Thomas, 98-102, 135-138, 163, 173-174
- CIS (Commission internationale de Stratigraphie), 49, 416, 418, 424, 442-443
- CLARK, William C., 127, 275, 285, 312-313, 321-322
- COMMITTEE ON EARTH SCIENCES, 265, 289-292
- COMMITTEE ON GLOBAL CHANGE, 288-289, 321
- CONWAY, Erik, 272
- COSTANZA, Robert, 385, 397-398, 405, 457
- CRAEGER, Angela, 224
- CRUTZEN, Paul, 25-26, 65, 127, 173-74, 175, 268, 286, 312-314, 331, 338, 351-366, 367-380, 382, 384-396, 398-403, 409, 411-412, 415, 417-419, 421-423, 444, 455, 457, 468, 470-471, 492
- DAHLEM WORKSHOPS, 381-406
- DANA, James Dwight, 124-127
- DANSGAARD, Willi, 228-231
- DE LA BECHE, Henry, 437
- DUTREUIL, Sébastien, 49, 69, 163, 258-259
- EDWARDS, Paul, 183-184, 203, 308, 334
- EKHOLM, Nick, 95
- ELLIS, Erle, 417, 419, 421-423
- ENMOD (Environmental Modification Convention), 193-194
- ESSC (Earth System Sciences Committee), 275-280
- EUNWAR (Committee for the Assessment of the Environmental Consequence of Nuclear War), 246
- EWING, Maurice, 231
- FCCSET (Federal Coordinating Council for Science, Engineering, and Technology), 289-291
- FEDEREAU, Alexander, 69-70, 117
- FINNEY, Stanley, 440, 443
- FLEMING, Roger, 79-80, 84-85, 94, 98, 101, 164, 338-339
- FOUCAULT, Michel, 41-2, 52-55, 58, 157, 172-178, 182, 214, 334, 454-455, 473-474, 501-502
- FOURIER, Joseph, 78, 84-88, 90
- FRESSOZ, Jean-Baptiste, 43, 45, 73, 77-78, 82-83, 154, 163, 165-166, 504, 510-514
- FRIEDMAN, Herbert, 286, 288, 298
- FUTURE Earth, 49, 291, 454
- GAIM (Global Analysis, Interpretation and Modelling), 301, 306-308
- GARP (Global Atmosphere Research Programme), 190, 204-205, 240-241
- GEMS (Global Environmental Monitoring System),

- 247-248
- GEOLOGICAL SOCIETY OF LONDON, 408, 475, 410
- GEOSECS (Geochemical Ocean Sections Study), 220-221, 244
- GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), 38, 246, 284, 287, 306-307, 358, 362, 392, 413, 468
- GOODY, Ricard, 268-70, 280, 292
- GREVSMÜHL, Sebastian, 214, 233, 238
- GRINEVALD, Jacques, 30, 49, 68, 81, 163, 419, 423-425, 492
- GWE (Global Weather Experiment), 205-206
- HAECKEL, Ernst, 129-132, 160-161
- HAMBLIN, Jacob, 192, 239
- HAMILTON, Clive, 49, 68, 163
- HANSEN, James, 225, 268-269, 457
- HARAWAY, Donna, 31, 514
- HAUGHTON, Samuel, 126-127
- HÖGBOM, Avid, 93-94
- HOLLING, Crawford, 286, 312
- HORNBERG, Alf, 406, 491
- HUTCHINSON, George Evelyn, 149, 156, 207, 223
- IBP (International Biology Programme), 204, 206-208, 224, 240-242, 304
- ICSU (International Council of Scientific Unions), 200, 203-206, 236-237, 245-246, 259-258, 285-289, 292-294, 298
- IDOE (International Decade on Ocean Exploration), 208-210, 229, 242-245
- IGBP (International Geosphere-Biosphere Programme), 25, 201, 246, 260, 275, 283-310, 311, 313, 321, 332, 351-353, 359-363, 365, 368, 375, 381-382, 385-386, 398, 478
- IHDP (International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change), 313, 360-363, 375
- IHOPE (An Integrated History of People on Earth), 384, 397-399, 403, 405, 417
- IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis), 286, 299, 312-313
- IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission), 208, 242, 259
- JÄGER, Jill, 313, 373
- JAMES, William, 70-71
- JENKYN, Thomas, 119, 123-124
- KANT, Emmanuel, 41, 512-515
- KARMAN (von), Theodor, 192
- KEELING, Charles, 202, 232, 333
- KENDREW, John, 287, 295
- KWA, Chunglin, 241-242, 303-306
- LAMBIN, Eric, 385-385, 389, 457
- LANGMUIR, Irving, 191
- LATOUR, Bruno, 31, 56-57, 212-213, 333, 346-347, 350, 446, 505, 507-511
- LECONTE, Josph, 132-134
- LEWIS, Simon, 158-159, 493-494
- LOTKA, Alfred, 155, 510
- LOVELOCK, James, 163, 262, 312, 318-321, 358
- LYELL, Charles, 118, 119-124
- MAB (Man and the Biosphere), 239, 249
- MACDONALD, Gordon, 194
- MALM, Andreas, 406, 481, 491
- MALONE, Thomas F., 201, 240, 275, 285-289
- MARGULIS, Lynn, 315
- MARSH, George Perkins, 109-113, 127, 312, 353
- MASLIN, Mark, 158-159, 493-494
- MCNEILL, John, 385, 399-403, 417-419, 423, 425, 455, 492
- MERCHANT, Carolyn, 313
- MEYBECK, Michel, 360, 365, 385-386, 404
- MISSION TO EARTH, 298, 302-303, 332
- MOORE, Berrien III, 264, 278, 307, 361-363, 375
- NAS (National Academy of Sciences), 288, 189, 260, 325
- NASA (National Aeronautics and Space Administration), 201, 259-265, 268, 270-271, 273, 280, 286-292, 338, 393
- NEUMANN (von), John, 191
- NEWBIGIN, Marion, 114
- NIER, Alfred, 218, 228
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), 191, 260, 275, 286, 290
- NRC (National Research Council), 264-265, 270, 278, 280, 286-293, 315
- ODUM, Eugene, 44, 224
- ORESKEs, Naomi, 419, 423-424
- PAGES (Past Global Changes), 301, 303, 305, 352,

- 368
- PATTERSON, Clair, 227
- PLASS, Gilbert, 182, 226
- PNUE (Programme des Nations Unies pour l'environnement), 239, 246, 249, 283-284, 317, 501
- PROJECT CIRRUS, 191
- PROJECT PLOWSHARE, 195
- RAMANATHAN, Veerabhadran, 268, 275, 359, 385, 388, 394, 455
- RECLUS, Elysée, 113-115
- RENEVIER, Eugène, 118, 141
- REVELLE, Roger, 104, 182, 201, 208, 225-226, 275, 286
- REVKIN, Andrew, 419, 424
- RIDE, Sally, 271
- ROBIN, Libby, 81, 398
- RÖCKSTROM, Johan, 455, 457
- ROEDERER, Juan, 286
- ROZWADOWSKI, Helen, 242-243
- RUDDIMAN, William, 367-379, 382, 385-386, 393, 395, 404, 417, 421-422
- SAGAN, Carl, 262, 393
- SHELLNHUBER, Hans Joachim, 307, 322-324, 375, 384, 455, 457
- SCHNEIDER, Stephen, 275, 315, 392-393
- SCOPE (Scientific Committee on Problems of the Environment), 236, 245-253, 283, 299, 337, 376, 417
- SCOR (Scientific Committee on Oceanic Research), 204, 208-211, 240-242, 259
- SHALER, Nathanel, 139
- SHERLOCK, Robert, 138
- SINGER, Fred, 291
- SPIILHAUS, Athelstan, 195-196
- STEFFEN, Will, 25-28, 31, 252-253, 259-260, 365, 368, 372-380, 382, 384-386, 388-390, 393-406, 411-412, 415, 417-419, 421-423, 425, 427, 444, 455, 457-458, 463-467, 492
- STENGERS, Isabelle, 90, 489-490, 516
- STOCKHOLM RESILIENCE CENTRE, 455, 457
- STOERMER, Eugene, 25, 65, 256, 351-360, 365-366
- STOPPANI, Antonio, 65, 69, 71, 112, 123, 127-129, 353, 358, 364, 437
- SUESS, Eduard, 104, 149-150
- SUESS, Hans, 182, 225-226, 228, 495
- TAINTER, Joseph, 384, 397
- TELLER, Edward, 191, 260-261, 337
- THOMSON, Joseph, 218
- TYNDALL, John, 88-92, 99, 164
- TYSON, Peter, 375, 382
- UNFCCC (Conférence cadre des Nations Unies sur les changements climatiques), 316, 405
- UREY, Harold, 227
- VERNADSKY, Vladimir, 69, 147-156, 163, 287, 354, 364
- VITOUSEK, Peter, 325-326, 336
- WATERS, Colin, 419, 423
- WCRP (World Climate Research Programme), 210, 232, 259, 275, 283, 306, 362, 375
- WEXLER, Harry, 338-339
- WHITE, Gilbert, 283-284
- WHITE, Robert M., 191
- WILLIAMS, Mark, 416-419, 422-423, 444, 496
- WMO (World Meteorological Organization), 203, 205, 246, 259, 283
- WORLD RESOURCES INSTITUTE, 317
- WORLDWATCH INSTITUTE, 317
- WWW (World Weather Watch), 190, 206, 338
- ZALASIEWICZ, Jan, 26, 81, 407-410, 416-420, 422-423, 437, 444, 448, 455
- ZILBERSTEIN, Anya, 82-83