



HAL
open science

La vache globale : la génétique quantitative dans la globalisation de la sélection bovine

Lidia Chavinskaia

► **To cite this version:**

Lidia Chavinskaia. La vache globale : la génétique quantitative dans la globalisation de la sélection bovine. Sociologie. Université Paris-Est, 2020. Français. NNT : 2020PESC2028 . tel-03160198

HAL Id: tel-03160198

<https://theses.hal.science/tel-03160198>

Submitted on 5 Mar 2021

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

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

UNIVERSITÉ GUSTAVE EIFFEL
École doctorale Organisations, Marchés, Institutions (OMI)

Thèse de doctorat en Sociologie

Lidia CHAVINSKAIA

LA VACHE GLOBALE

La génétique quantitative dans la globalisation de la
sélection bovine

Thèse co-dirigée par :
Pierre-Benoît JOLY et Vincent DUCROCQ

Soutenue le 16 décembre 2020

Composition du jury :

Élise DEMEULENAERE, Chargée de recherche, CNRS, Centre Alexandre Koyré
Vincent DUCROCQ, Directeur de recherche, INRAE, UMR GABI (co-directeur)
Frédéric GOULET, Chercheur, CIRAD, UMR Innovation (rapporteur)
Pierre-Benoît JOLY, Directeur de recherche, INRAE, UMR LISIS (directeur)
Julie LABATUT, Chargée de recherche, INRAE, UMR AGIR
Catherine PARADEISE, Professeure émérite, Université Paris-Est
Etienne VERRIER, Professeur, AgroParisTech (rapporteur)

LABORATOIRE INTERDISCIPLINAIRE SCIENCES INNOVATIONS SOCIETES (LISIS)

Cité Descartes, 5 boulevard Descartes Champs-sur-Marne
77454 Marne-la-Vallée Cedex 2

LABORATOIRE GENETIQUE ANIMALE ET BIOLOGIE INTEGRATIVE (GABI)

INRAE Jouy-en-Josas, Domaine du Vilvert
78350 Jouy-en-Josas

La vache globale

La génétique quantitative dans la globalisation de la sélection bovine

Résumé

Cette thèse interdisciplinaire traite la question de la globalisation au travers des organismes vivants impliqués dans les organisations sociotechniques industrielles. La vache, animal qui évolue aux côtés des humains depuis le Néolithique, est porteuse de valeurs et d'enjeux économiques, politiques, culturels et technologiques constitutifs de notre société. La race Holstein, incarnation de l'animal 'moderne' par excellence, tel un mix de nature, culture et technoscience, est devenue symbolique de la globalisation dans le monde animal. Présente dans 130 pays et adoptée par de nombreux imaginaires culturels, elle pose néanmoins question des limites biologiques de la globalisation industrielle et marchande. En suivant les acteurs de la sélection bovine au niveau international, la thèse porte un double regard sur cette question depuis le champ des STS (Science and Technology Studies) d'une part et depuis la discipline de la génétique animale d'autre part. Représentés par les scientifiques généticiens, les gènes bovins apparaissent pleinement comme acteurs des processus globalisants inhérents à notre 'modernité' technoscientifique. Leurs circulations (ré)agencent des liens invisibles mais non moins constructifs du monde global. Les interactions entre les gènes et leur environnement produisent des effets qui vont bien au-delà des limites physiques du corps animal et façonnent le paysage mondial de la sélection et des productions animales. Les tensions qui s'accroissent entre les acteurs scientifiques et marchands, entre les théories et les pratiques, entre les pays dits développés et ceux en développement appellent à porter un regard différent sur les activités industrielles impliquant les organismes vivants. Ce regard holistique est porté ici au travers de l'unité entre l'animal et son milieu qui dépasse le système de production stricto sensu. La notion d'interaction génotype-milieu issue de la génétique, amenée à l'existence par ses méthodes statistiques et mise en politique dans la globalisation de la sélection bovine permet de rendre compte du lien intrinsèque et complexe entre la vie biologique et la vie sociale.

Mots-clés

Génétique animale, génétique quantitative, sociologie des sciences, STS, globalisation du vivant, agencement socio-bio-technique, assemblage global, quantification du vivant, commensuration, interaction génotype-milieu, Afrique du Sud, Interbull, interdisciplinarité

The Global Cow

Statistical genetics in the globalization of cattle breeding

Abstract

This interdisciplinary thesis questions the issue of globalization through living organisms involved in industrial sociotechnical organizations. The cow, an animal that has evolved alongside humans since Neolithic times, embodies numerous economic, political, cultural and technological issues. The Holstein breed, the incarnation of 'modern' animal as a mix of nature, culture and technoscience, has become symbolic of globalization in the animal world. Present in 130 countries and adopted by many cultural imaginaries, it nevertheless challenges the biological limits of industrial and commercial globalization. By following the actors of cattle breeding at the international level, the thesis brings an original perspective on this question from both STS (Science and Technology Studies) and the discipline of animal genetics. Represented by geneticists, bovine genes fully appear as actors of the globalizing processes of our techno-scientific 'modernity'. Their circulations (re)arrange invisible but constructive links of the global world. The interactions between genes and their environment produce effects that go far beyond the physical boundaries of the animal body and shape the global landscape of animal breeding and production. The growing tensions between scientific and commercial actors, between theories and practices, and between developed and developing countries call for a different view of industrial activities involving living organisms. A holistic approach is adopted here through the unity between the animal and its environment beyond the production system narrowly defined. The notion of 'genotype by environment interaction' issued from statistical genetics and put into politics within the globalization of bovine breeding helps to understand the intrinsic and complex link between biological and social life.

Keywords

Animal genetics, statistical genetics, sociology of sciences, STS, globalisation of living organisms, socio-bio-technical agencement, global assemblage, quantification of living organisms, commensuration, genotype by environment interaction, South Africa, Interbull, interdisciplinary research

Sommaire

Remerciements.....	11
Introduction	13
Etudier la globalisation de et par les vaches. Revue de littérature et l'originalité de l'approche	16
Approche interdisciplinaire de la globalisation animale : connecter les sciences sociales et les sciences biologiques.....	20
Ancrage théorique et base conceptuelle.....	26
Terrains d'enquête : situer une enquête globale	29
Acteurs : approcher les visions divergentes de la vache	30
Méthodes : entre la sociologie, la biologie et la photographie	32
Déroulement de la thèse : varier la focale entre le global et le local.....	35
Partie I Vache moderne	39
Chapitre 1 Vache durable : l'équilibre socio-bio-technique comme enjeu pour la durabilité de la sélection bovine.....	43
1.1. Le milieu. De l'écosystème comme système écologique à l'écosystème comme système économique.....	45
1.1.1. L'unité animal-milieu	47
1.1.2. Vache 'hors sol'	49
1.1.3. Le milieu comme contrainte pour le marché.....	54
1.2. Le capital. De l'animal comme bien au progrès comme marchandise.....	57
1.2.1. Une tautologie (presque) disparue	57
1.2.2. Lait de vache... vache de ferme... L'"enfermement" des productions laitières	62
1.2.3. Vaches et taureaux dans le système industriel. Performances et progrès	64
1.3. La génétique et son marché	68
1.3.1. L'insémination artificielle : le début de l'évaluation génétique chez les bovins laitiers	69
1.3.2. Comment les gènes deviennent-ils produits prêts à circuler ?	71

1.3.3. Vivent les vaches ! Le bonus technologique de la semence sexée.....	74
1.3.4. L'index de la valeur génétique	76
1.4. La race : un équilibre socio-bio-technique fragile.....	78
1.4.1. La race comme un standard industriel : des marques de fabrique vivantes	79
1.4.2. La race comme bien commun : la gestion de la diversité utile.....	82
1.4.3. La Holstein-Frisonne : la naissance d'une race globale.....	84
Conclusion	90
Chapitre 2 Génétique quantitative : calculer la valeur de la vache.....	93
2.1. Faut-il de la biologie pour quantifier le vivant ?.....	95
2.1.1. La construction interdisciplinaire de la génétique animale.....	97
2.1.2. Lait de vache... vache de ferme... ferme ta boîte : mettre la mesure de la vache dans une 'boîte noire'.....	101
2.1.3. Comment mesure-t-on la vache ? L'ouverture de la boîte noire de la métrologie bovine	104
2.1.4. Calculer la valeur génétique du taureau à partir des mesures effectuées sur les vaches. Un long chemin de confiance	109
2.1.5. L'index de synthèse – le standard technique, économique et politique de la sélection	114
2.2. « Une drôle de révolution ! » La promesse technoscientifique de la génomique pour la sélection bovine.....	119
2.2.1. 'Les apprentis sorciers intentionnels'. Les avancées technoscientifiques vers la sélection génomique	120
2.2.2. La construction de promesses technoscientifiques pour la sélection génomique.	124
2.2.3. Jeux et enjeux des données : de la crédibilité empirique à la crédibilité numérique	129
2.2.4. Une révolution peu controversée	133
2.3. To 'E' or not to 'E' ? Une difficile prise en compte du milieu (E) dans les calculs de la valeur génétique.....	136

2.3.1. L'effet additif de l'environnement	137
2.3.2. L'interaction génotype-milieu (G*E) : considérer l'héritabilité du lien entre l'animal et son environnement.	140
2.3.3. L'interaction génotype-milieu comme concept négociable	142
Conclusion	147
Partie II Vache globale.....	150
Chapitre 3 « Y a-t-il une communauté épistémique pour sauver la vache? »	156
3.1. La comparabilité des valeurs génétiques : la construction d'un problème techno-politique international autour de la holsteinisation.....	156
3.1.1. La holsteinisation comme problème de standard de race	159
3.1.2. La holsteinisation comme problème de comparabilité des index génétiques	162
3.1.3. L'institutionnalisation du problème de comparabilité des index génétiques au niveau international.....	168
3.1.4. La construction de l'Europe comme « fenêtre d'opportunité politique » pour promouvoir la diversité des valeurs génétiques.....	170
3.2. La commensuration des index génétiques. Préserver la diversité par la standardisation	172
3.2.1. Les premières solutions : des formules de conversion	174
3.2.2. Le modèle MACE comme outil de commensuration. Saisir la diversité dans son ensemble	177
3.2.3. Le MACE à la table des négociations	181
Conclusion	187
Chapitre 4 Assembler, désassembler et réassembler la vache globale	189
4.1. Le 'Centre de calcul'. Centraliser le pouvoir de la <i>commensuration</i>	189
4.1.1. L'emplacement du centre de calcul : un choix 'calculé'.....	190
4.1.2. Interbull Centre au carrefour de circulations professionnelles	193
4.1.3. The (Big) Data hub	199
4.1.4. Le pouvoir d'inclusion et d'exclusion	206

4.2. Un ré-assemblage global de la sélection bovine avec l'évaluation génomique.....	209
4.2.1. L'avenir d'Interbull en question.....	209
4.2.2. Le GMACE comme nouvel outil de commensuration internationale des valeurs génomiques et son 'échec'.....	213
4.2.3. Consortia génomiques : stratégies de 'coopétition choisie' vs 'coopétition d'opportunité'.....	215
4.2.4. Eurogenomics et le projet d'évaluation européenne unique. Comment ignorer l'effet d'interaction génotype-milieu ?	221
Conclusion	228
Partie III Construire une vache locale à partir du modèle global.....	232
Chapitre 5 Les enjeux pour une diplomatie bovine dans les pays en développement.....	239
5.1. Les enjeux de la sélection génomique dans les pays en développement	240
5.1.1. Les enjeux économiques : intérêts multiples des acteurs de la sélection bovine ...	242
5.1.2. Les enjeux technologiques : la sélection génomique comme technologie sociale.	245
5.1.3. Les enjeux politiques : le biopouvoir des vaches	250
4.1.4. Un 'petit' enjeu biologique. La poursuite du 'combat' des généticiens.....	252
5.2. GENOSOUTH. La diplomatie scientifique pour la sélection bovine dans les pays émergents.....	254
5.2.1. « Aider les pays en développement à mettre en place leurs propres équations [d'évaluation bovine] » : coopération et/ou diplomatie scientifique ?	256
5.2.2. Une alliance longue avec un partenaire ad hoc en Inde.	262
5.2.3. Le problème du choix de l'alliance au Brésil.....	269
5.2.4. GENOSOUTH dans le transfert du savoir-faire agronomique français au Kazakhstan.....	271
5.2.5. Une tentative d'application du principe 'donner des poissons et apprendre à pêcher' dans la coopération avec Afrique du Sud	279
Conclusion	284
Chapitre 6 Localiser la vache globale : le cas de l'Afrique du Sud.....	287

6.1. Le milieu sud-africain.....	290
6.1.1. La situation politique : une diversité peu assumée.....	291
6.1.2. L'agriculture : les productions sous contraintes	292
6.1.3. Les systèmes de production bovine : une dualité multiple.....	295
6.1.4. La vache-milieu en Afrique du Sud. L'évolution du standard de la vache avec les systèmes de production.....	299
6.2. Brève histoire de la sélection en Afrique du Sud racontée à travers la vache Pie-Noir	301
6.2.1. La colonisation.....	301
6.2.2. L'institutionnalisation du standard national SA Friesland	303
6.2.3. La technologisation de la sélection : « l'ère la plus importante dans l'industrie de l'élevage de race pure ».....	305
6.2.4. Le 'centre de calcul' comme une pomme de discorde politique	306
6.3. La diplomatie scientifique sud-africaine pour la mise en place de la sélection génomique	308
6.3.1. La diplomatie interne : convaincre les éleveurs.	308
6.3.2. Diplomatie internationale : trouver des alliances	312
6.4. L'évaluation génomique 'Do It Yourself' sur le marché de la semence	314
6.4.1. L'organisation du marché de la semence en Afrique du Sud	316
6.4.2. La visualisation « physique » : voir pour croire	319
6.4.3. La pratique de visualisation et la génomique : pratiques combinatoires pour apprendre à voir l'invisible.....	322
6.4.4. Localiser la vache globale sans un système national d'évaluation : la sélection génomique DIY.....	328
Conclusion.....	335
Conclusion générale	338
L'apport principal de la thèse : relever le défi de réintroduction de la 'vie' biologique dans la vie sociale	342

Implications de la thèse pour les STS : intégration épistémologique du vivant au sein des constructions sociotechniques.....	344
Implications de la thèse pour la discipline de la génétique animale : science génétique – science politique.....	348
Une socio-histoire de la génétique animale pour mieux construire son avenir.....	348
La production des connaissances en génétique comme source de diversité marchande.....	348
L’approche holistique de l’évaluation génétique animale – la clé de voute d’une modélisation fiable et d’une sélection durable	350
L’alliance du gène et du milieu.....	351
Le pouvoir politique de la connaissance scientifique.....	352
Implications de la thèse pour l’industrie de la sélection bovine : l’industrie du vivant est-elle une industrie comme les autres ?.....	353
Deux formes d’ordre global de la sélection	354
Le marketing génétique.....	355
La place hégémonique de race Holstein remise en question.....	355
Des défis pour les méthodes d’évaluation.....	356
L’évolution de l’organisation de la sélection au niveau mondial	357
Des controverses possibles.....	357
Limites et ouvertures de la thèse.....	358
Bibliographie	361
Annexe 1	384
Annexe 2.....	379

Remerciements

A certains moments de ce long travail de thèse, mes remerciements auraient bien pu prendre des notes sarcastiques à l'égard des personnes qui m'ont poussée vers cette aventure. J'aurais pu presque leur reprocher de ne pas m'en avoir dissuadée. Mais je le voulais bien moi-même et je le savais pertinemment. Maintenant que ce projet arrive à son terme, mon 'merci !' à tous ceux qui m'ont soutenue est vrai, sincère et sans aucune ambiguïté ironique.

Tout d'abord, dans l'ordre chronologique, je remercie ma cité scientifique natale où il fait bon vivre et qui, certainement pour se venger de mon départ, m'a laissé une petite frustration intellectuelle qui titillait mon cerveau pendant plusieurs années.

Ensuite, déjà plus proche du but, je remercie Guy Riba qui par son énergie, son esprit vif et sa confiance professionnelle m'a amenée à me poser des questions pertinentes et à chercher des réponses dans l'action. Je remercie Vincent Ducrocq pour son ouverture d'esprit, pour son engagement moral, professionnel et intellectuel et pour la confiance qu'il m'a accordée en m'intégrant dans son projet de recherche. Je remercie Pierre-Benoît Joly pour son courage d'avoir accepté la direction de ma thèse en sociologie malgré ma virginité disciplinaire totale au début du parcours. Je remercie mes collègues du LISIS qui acceptait avec beaucoup de bienveillance de lire et d'écouter mes histoires de vaches tout en m'indiquant des pistes analytiques pour mieux les connaître. J'ai tout particulièrement apprécié le cadre de tels échanges professionnellement bénéfiques et conviviaux créé d'une part au sein des écoles thématiques d'IFRIS et d'autre part au sein des ateliers des « éphémères » du LISIS. J'en remercie vivement les organisateurs et les animateurs. Je remercie les collègues du laboratoire GABI pour leur temps, leur bonne volonté et leur pédagogie dans les réponses qu'ils apportaient à mes questions génétiquement naïves. Je remercie l'INRAE de m'avoir fourni pendant plusieurs années le cadre de travail agréable et intellectuellement stimulant. Je remercie notamment le Métaprogramme SelGen d'avoir apporté le financement nécessaire à la réalisation de cette thèse.

Bien évidemment, sans le soutien de ma famille et de mes amis rien de tel ne serait possible. Je remercie donc mon mari Thibaut Dufournier pour sa patience extrême et sa bienveillance pendant toute cette période longue et éprouvante. Merci de m'avoir offert une bande dessinée humoristique sur la vie de thésard.e qui m'a aidé à dédramatiser certains moments difficiles dans mon parcours. Un grand merci à ma fille Alexandra qui, par ces questions à première vue enfantines, m'aidait à formuler mes pensées et mes réponses de manière compréhensible aussi bien pour elle que pour moi-même. Je remercie tou.te.s mes ami.e.s qui veillaient à ne pas poser des questions qui fâchent et à m'envoyer des photos de vaches pour mes anniversaires.

Enfin, je tiens à remercier tout particulièrement toutes les vaches du monde sans lesquelles cette thèse n'aurait pas eu lieu. Je leur dis merci également pour l'inspiration dans mes œuvres photographiques.

Et pour récapituler en langue STS, je remercie tous les acteurs humains et non-humains pour cette belle co-construction qui nous a fait co-évoluer.

Introduction

« Est-ce que ce sont les mêmes partout ? » - m'a demandé ma fille en regardant les photos de vaches noir et blanc que je prends dans les pays de mes nombreux voyages aussi bien professionnels que de loisir. Ces vaches Pie-Noir, si photogéniques, qui appartiennent à la race communément appelée Holstein, sont en effet présentes presque partout dans le monde (130 pays si l'on croit la statistique officielle¹) et adoptées par de nombreuses cultures (vu leurs incarnations artistiques dans des boutiques de souvenirs touristiques). Mais la réponse à la question de ma fille n'est pas évidente. Se distinguant nettement entre races et très similaires à l'intérieur d'une même race, les vaches représentent différents standards vivants de l'industrie bovine ancienne de deux siècles (ou beaucoup plus – 10 mille ans environ – si l'on considère les pratiques de domestication et de sélection en dehors de la dimension industrielle de notre époque dite moderne). Il s'agit en effet d'un travail de *sélection* ou d'*amélioration* génétique, long et minutieux, dans son état actuel fondé sur et encadré par la science appliquée et impliquée. J'essaie donc d'expliquer à ma fille quelques principes de sélection en partant de l'auroch, l'ancêtre de la vache moderne, dont nous avons vu l'image à Lascaux. Il a bien changé depuis, l'animal... Mais voilà que je bute sur la difficulté de trouver des explications simples sans déformer trop la réalité sur ses questions suivantes, plus précises cette fois : pourquoi et comment ces mêmes vaches se retrouvent partout, si comme je disais, différentes races ont été créées dans différents endroits ? voyagent-elles, comme nous, en avion ? en train ? en voiture ? Certes, elles peuvent voyager en camion spécial, en bateau et même en avion. Mais cela est loin de refléter toute la réalité des choses. Je me rends d'ailleurs compte que ma fille, de 10 ans à ce moment-là, est très loin d'être la seule à ne pas connaître cette réalité. Nombreux sont celles et ceux de mes connaissances qui, ayant bien assimilé que je faisais une thèse « sur les vaches », s'étonnent du fait que je voyage dans différents pays pour mon travail de terrain. « Корова - она и в Африке корова. »² - affirment mes amis russophones. « Everywhere the cow says moo »³ - reprennent les anglophones. « Une vache est une vache, non ? » - doutent les français. En dehors des problèmes éthiques de

¹ Source : World Holstein-Friesian Federation <https://www.whff.info/>, consulté le 05/05/2019

² « Une vache est une vache, même en Afrique ». Cette forme d'expression en langue russe s'utilise pour désigner une équivalence complète, une absence de différence, pour dire que même à l'autre bout du monde, dans un autre contexte (l'Afrique comme contexte très contrasté) c'est pareil.

³ En référence à un livre pour enfants qui présente une diversité d'onomatopées dans des langues différentes pour imiter des cris d'animaux. Le cri de vache est celui qui y représente le moins de diversité d'une langue à une autre.

maltraitance animale qui surgissent ces dernières années, peu de gens se posent des questions sur ce qu'il y a derrière les produits d'origine animale qu'ils achètent et consomment. Peu de gens en dehors des milieux professionnels liés à l'élevage sont au courant de la face cachée de la présence des vaches dans notre vie : des moyens technologiques de reproduction et de sélection et d'un immense marché des ressources génétiques à partir desquelles les vaches sont reproduites. Il ne s'agit pas du clonage dont l'avènement est déjà bien préparé technologiquement, mais dont les barrières éthiques et économiques limitent le développement pour le moment. Les animaux vivants, les embryons, mais surtout les doses de sperme des taureaux reproducteurs mises sous petits tubes plastiques et congelées, communément appelées 'paillettes', circulent partout dans le monde et sont échangées contre de l'argent sonnante et trébuchant. L'ampleur du marché des ressources génétiques bovines est grande, bien que peu visible. Entre 250 et 300 millions de doses de semence bovine sont produites annuellement dans le monde dont la quasi-totalité est cryoconservée et utilisée pour l'insémination artificielle⁴. Environ un dixième de ces doses (entre 20 et 30 millions) est destiné à l'exportation (le reste assure la reproduction des troupeaux au niveau national) et environ deux tiers concernent la race Holstein⁵. C'est comme ça que ces vaches Pie-Noir se retrouvent partout dans le monde : via ces petites 'paillettes' congelées. Peu de gens sont également conscients de la haute technicité des pratiques qui rendent ce marché possible : pratiques technologiques de sélection et de reproduction qui restent dans l'ombre des techniques de l'ingénierie génétique les plus controversées et interdites pour le moment dans les productions animales comme le clonage ou l'édition du génome⁶. Donna Haraway, biologiste, historienne et philosophe des sciences, nous parle, de manière certes ironique mais très symbolique, des « cyborgs »⁷ que sont devenus à ses yeux les espèces vivantes constituant notre société moderne (Haraway 2007; 2019). « Ils combinent, dit-elle, sous les

⁴ Les ressources génétiques circulent également sous forme d'embryons pour être transplantés ou via les animaux vivants, mais la reproduction des animaux des races laitières est principalement assurée par l'insémination artificielle. Dans des pays au système de sélection dit moderne, on estime le taux d'insémination artificielle entre 60 et 90% et les pays en plein développement de leurs productions bovines visent avant tout l'augmentation rapide du taux d'insémination chez eux. Dans cette thèse, je vais m'intéresser particulièrement à ce marché de la semence bovine et c'est principalement cette catégorie de ressources dont il s'agira ici lorsque je parlerai du marché des ressources génétiques.

⁵ Selon les estimations issues du sondage de l'industrie d'insémination artificielle organisé en 1999 (Thibier et Wagner 2002).

⁶ Le sexage de la semence utilisée pour la reproduction est pour autant autorisé et utilisé couramment, bien que relève des techniques de l'ingénierie génétique (cf. paragraphe 1.3.3 du premier chapitre).

⁷ Bien que l'origine du concept dans l'œuvre de Donna Haraway (1991) soit très liée au mouvement féministe et les travaux que l'auteure a développé dans ce domaine, ses reprises et implications sont bien plus larges. Un de ses usages le mieux retenu et le plus pragmatique porte sur l'imbrication de l'humain et de la technologie, notamment dans le mouvement post-humaniste. Cette notion, Donna Haraway l'élargie elle-même, dans le « Manifeste des espèces compagnes » (2019) en l'appliquant également aux espèces vivantes non-humaines.

formes surprenantes, humain et non-humain, organique et technologique, carbone et silicium, autonomie et structure, histoire et mythe, riches et pauvres, État et sujet, diversité et déclin, modernité et post-modernité, nature et culture. » (Haraway 2019, p. 26) Dans la même lignée, le sociologue André Micoud (2003) analyse la trajectoire que la vache, cet animal « aux yeux si doux », parcourt en quelques décennies entre ses statuts « d’animal domestique », « d’animal de rente » et enfin « d’animal technicisé », intégré dans le milieu artificialisé dont elle est devenue l’élément irréductible et presque invisible⁸. Depuis quelques années, la sélection bovine a fait des ‘progrès’ technologiques avec la génomique, c’est-à-dire l’utilisation de l’information issue directement du génome de l’animal pour prédire son potentiel génétique, ce qui a mis d’autant plus en exergue les enjeux de biopouvoir foucauldien⁹ exercé dans la société au travers des animaux non-humains (Novak 2005) et a accentué les tensions politico-économiques au niveau mondial. Voici, me suis-je dit, une piste intéressante pour réfléchir aux tenants et aboutissants de notre société globalisée : la vache, un organisme au croisement de nombreux éléments : nature, culture, technoscience, marché, État.

J’ai donc répondu à la question de ma fille en lui parlant des paillettes congelées qui sont faciles à transporter et à utiliser pour faire naître les vaches d’une même race partout dans le monde. Mais en répondant de cette manière, j’en omets bien d’autres questions plus problématiques auxquelles il est bien plus compliqué de répondre. Comment en est-on arrivé là ? Que veut dire ‘globalisation’ pour les organismes vivants ? Qu’implique-t-elle pour ces animaux-« cyborgs » (Haraway 2007; 2019) « aux yeux si doux » (Micoud 2003) et pour la société qui les ‘fabrique’ pour nourrir des milliards d’êtres humains ?

⁸ Ici précisons que Micoud parle « d’une vache idéal-typique, [...] de la très grande majorité des vaches laitières élevées dans des troupeaux de taille moyenne, appartenant à des « exploitations modernes » (p. 220). Sans cette précision, son propos paraît hors réalité, car des vaches restent néanmoins bien visibles du moins dans des prairies Françaises. Mais en effet, se sont pour la plupart des vaches allaitantes (des races à viande), moins attachées à des dispositifs techniques de traite plusieurs fois par jour que les vaches laitières dont la race Holstein-Frisonne représente une majorité écrasante. D’ailleurs, pour illustrer ce propos, une observation faite à partir de mes années de thèse s’impose. Comme je l’ai déjà mentionné au début, mes amis et parents ont bien intégré que je faisais une thèse sur « les vaches ». Assimilée à mon objet de recherche, je recevais de nombreuses photos de vaches de la part de mes connaissances. Prises avec des smartphones, elles étaient directement postées ou attendaient des occasions particulières pour m’être envoyées d’un seul coup en grand nombre. Contrairement à mes attentes, je me suis aperçu récemment qu’il y avait très peu d’images de la fameuse vache pie-noir de race Holstein. Cette petite anecdote est illustrative du propos de Micoud sur la présence assez limitée de ces vaches « technicisées » dans notre champ de vision direct.

⁹ Le biopouvoir, selon Michel Foucault (1978), représente le potentiel de reproduction et de développement des corps vivants mis au service du pouvoir. Michel Foucault l’a conceptualisé sur les corps et la population des êtres humains. Depuis, les sciences sociales et notamment *Animal Studies*, une extension de ce concept a été faite vers les animaux et plus généralement vers le monde vivant.

Étudier la globalisation de et par les vaches. Revue de littérature et l'originalité de l'approche

Le phénomène de globalisation occupe nos esprits de manière bien intense depuis quelques décennies. Le nombre de publications sur ce sujet se chiffre en centaines de milliers. Entre 1995 et 2010, le nombre d'ouvrages contenant le mot « globalisation » dans leur titre a doublé tous les 18 mois (Ghemawat 2009). Pour essayer de définir cette notion, ces travaux traitent d'économie, de nouvelles technologies d'information et de communication, de mouvements sociaux, d'enjeux transfrontaliers comme le climat et la pollution et de politiques transnationales qui tentent de les réguler, d'homogénéisation culturelle d'un côté et de désolidarisation de l'autre.

Bien que les liens socio-culturels, économiques et politiques entre les acteurs au niveau mondial existent depuis des siècles, le phénomène de globalisation se rattache souvent à une période bien précise. Des problèmes et des enjeux globaux sont apparus dans les discours politiques et la réalité institutionnelle surtout avec la prise de conscience des changements climatiques et de l'érosion accélérée de biodiversité à partir de la fin du siècle précédent. Des organisations internationales ont ainsi commencé à promouvoir des objectifs et des standards globaux pour pallier les problèmes environnementaux, économiques et sociaux. L'intensification des échanges économiques entre les pays qui date d'après la Seconde guerre mondiale s'est encore amplifiée avec la création de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) en 1995. Moore et al. (2011) parlent ainsi de la *globalisation néolibérale* ('neoliberal globalization') pour définir cette période historique (seconde moitié du XX^{ème} – début du XXI^{ème} siècle) porteuse de deux marqueurs sociétaux importants : (i) la globalisation comme changement accéléré d'échelle et complexification des liens et (ii) le néolibéralisme comme idéologie socio-économique dominante qui promeut le paradigme du 'marché libre' régi par ses propres lois. Cette définition avec le rattachement au marché est pertinente pour mon analyse qui va suivre car précisément, comme je le montre tout au long de cette thèse, cette période régie par le paradigme idéologique néolibérale est créatrice de nombreuses tensions entre acteurs de la sélection animale liées particulièrement à des différences de visions de ce que devrait être le marché global des ressources génétiques.

La question du rapport du local au global et *vice versa* est largement débattue dans la littérature. Beaucoup se demandent si la notion du local est complètement dépassée au profit de celle du global. Est-ce que la Terre s'est symboliquement de nouveau 'aplatie' par les forces de connectivité presque sans limite de distance ni de temps (Friedman 2010) ou si elle

reste bien ronde et le local continue à dominer dans les échanges, qu'ils soient économiques, informationnels ou politiques (Ghemawat 2009). Roland Robertson (1995) propose le concept de 'glocalisation' (ou de 'globalocalisation' selon différentes adaptations françaises de l'anglais 'glocalization') pour désigner « une simultanéité – une co-présence – de deux tendances : d'universalisation et de particularisation. » Depuis cette réconciliation conceptuelle, la glocalisation investit les stratégies marketing des multinationales. L'exemple emblématique est le géant américain Mc Donald qui l'applique pour adapter son modèle de business dans différents pays en proposant des menus adaptés aux traditions de la cuisine locale : des burgers végétariens en Inde, des « pirojki » au cassis en Russie, etc. La 'glocalisation' est aussi un processus par lequel « l'information globale, les produits globaux, les mouvements sociaux globaux, etc. prennent des formes différentes et ont des impacts différents en fonction des particularités locales. » (Scholte 2008, 23) Mais cette réconciliation conceptuelle ne résout pas les tensions qui s'observent de plus en plus dans la société. Bruno Latour dans son livre récent « Où atterrir ? » (2017, p. 23) écrit :

« Passer d'un point de vue local à un point de vue global ou mondial, cela devrait signifier qu'on multiplie les points de vue, qu'on enregistre un plus grand nombre de variétés, que l'on prend en compte un plus grand nombre d'êtres, de cultures, de phénomènes, d'organismes et de gens. Or, il semble bien que l'on entende aujourd'hui par mondialiser l'exact contraire d'un tel accroissement. On veut dire par là qu'une seule vision, [...] proposée par quelques personnes, représentant un tout petit nombre d'intérêts, limitée à quelques instruments de mesure, à quelques standards et formulaires, s'est imposée à tous et répandue partout. Pas étonnant qu'on ne sache pas s'il faut se donner à la mondialisation ou s'il faut au contraire lutter contre elle. »

L'analyse de cette tension, amène Latour à considérer un besoin d' 'atterrissage' ou de 'reterritorialisation'. Ce besoin d'ancrage territorial, bien que ressenti, est difficile à définir dans la société dont l'espace a déjà été reconfiguré par des connexions globales, ce dont témoigne l'expérience que l'auteur a menée avec le public lors de la séance de présentation de son livre.¹⁰ Le débat sur le besoin de relocalisation est également à l'ordre du jour dans de nombreux congrès scientifiques et professionnels sur les pratiques de l'élevage et de la sélection animale. La durabilité des filières en dépendrait *a priori*. Les races locales, le retour

¹⁰ Visible en ligne : <https://m.youtube.com/watch?v=HltiQWncN4>, consulté le 2/10/2018

vers le terroir sont promus face à la propagation mondiale de certaines races industrialisées dans des élevages ‘hors-sol’. Des contestations actuelles (peu nombreuses pour le moment) portent surtout sur la domination de la race laitière la plus productive, la plus industrialisée et la plus globalisée – la Holstein. Outre le fait qu’elle réduit la diversité des races en s’imposant sur le marché mondial, les études dans le domaine de la génétique montrent que la race elle-même peut se trouver en péril avec un niveau critique de consanguinité (Van Doormaal et al. 2005; S. Mattalia et al. 2006; Van Der Beek et Geertsema 2017). Quelques ‘alertes’ commencent à paraître dans les médias grand public, comme en donne l’article de la revue américaine en ligne Undark (et repris par la revue française Courrier International) sur le taux de consanguinité extrêmement élevé dans la population des Holstein aux États-Unis (O’Hagan 2019a; 2019b) ou encore celui paru dans *The Guardian* sur « le danger des vaches consanguines » (lire : Holstein) pour les races locales en Afrique (Cox 2018). Pour autant, selon une étude menée en France, les consommateurs privilégiant de plus en plus les produits laitiers et carnés locaux, ne sont pas sensibilisés à la question de l’origine génétique des animaux (Verrier, Markey, et Lauvie 2018).

Les généticiens spécialistes des bovins ont appréhendé ces effets de la globalisation sur l’activité de sélection dès les années 1970 lorsque la ‘holsteinisation’ massive (absorption génétique par croisements méthodiques avec les animaux Holstein venus d’Amérique) des populations bovines a débuté en Europe. Ils ont entamé à cette période un travail de régulation des circulations internationales des doses de semence des taureaux reproducteurs par une différenciation de leur valeur génétique en fonction de sa localisation d’usage. Ce travail continue, tout en se transformant dans le temps, avec des nouveaux moyens technologiques, des changements organisationnels et des évolutions politico-économiques du marché mondialisé.

Comme l’a avancé André Micoud (2003), les fils qu’on peut tirer de la vache forment bien un réseau qui couvre toute notre société et ses multiples activités. Mais qu’apporte de plus l’analyse de la globalisation si elle est faite au travers des organismes vivants ? Après tout, peut-on répliquer, l’espèce humaine s’est répandue sur terre en peuplant différentes régions dont elle n’était pas originaire. Où est l’enjeu ? L’enjeu est justement dans les liens que la *vie*, du grec βίος, la nature biologique des organismes vivants, établit avec d’autres éléments, sphères et activités de la société. Comme le postule le biologiste Thomas Heams dans son livre « Infravies » (2019 p. 163), « la vérité du vivant tient dans son rapport à la relation et pas dans son périmètre. »

Quelques travaux ont déjà été publiés au sujet de l'organisation des dispositifs de la sélection bovine en France et à l'international. Julie Labatut et ses collègues ont exploré du point de vue des sciences de la gestion un certain nombre de pistes sur son organisation bio-sociale notamment en collaboration avec les généticiens spécialistes de la sélection bovine (Labatut et al. 2011; Labatut, Aggeri, et Allaire 2013b; Labatut et al. 2014; Allaire, Labatut, et Tesnière 2018; Labatut et Tesnière 2018; Tesnière et al. 2019). Leurs études ont porté sur certains aspects de la globalisation comme les conséquences de la mise en œuvre de la technologie globale d'évaluation génomique sur l'organisation des filières au niveau national (Labatut et al. 2014; Doré et al. 2018) ou comme les formes de la gestion des ressources génétiques de la race globale Holstein au niveau national (Labatut et Tesnière 2018). Germain Tesnière (2017) a soutenu notamment une thèse qui a mis en exergue les divergences des arrangements institutionnels dans trois pays européens (France, Irlande et Pays-Bas) malgré les processus globalisants de la sélection bovine. Pour autant, focalisant plutôt sur des impacts de la globalisation de la sélection sur les organisations locales et nationales, ces travaux traitent très peu du processus de globalisation en lui-même : comment la production et la circulation des connaissances et des technologies, les échanges marchands et les arrangements organisationnels au niveau inter- et transnational participe à cette construction de la vache globale. De plus, l'animal en lui-même en tant que forme de vie biologique, reste au second plan dans ces travaux qui, de par leur ancrage théorique dans les sciences de la gestion, focalisent plutôt sur les aspects de l'organisation sociale ou sociotechnique. Pourtant, les animaux industriels impliqués dans la production agro-alimentaire étant, d'après l'expression de Stuart et Gunderson (2018) qu'ils empruntent à Karl Polanyi (2007 [1944]), des *commodités/marchandises fictives* ('fictitious commodities'), leur implication dans les organisations industrielles doit être considéré à part. Situés dans la typologie des quasi-marchandises ou des produits fictifs de Polanyi quelque part entre le travail et la nature (terre), les animaux aussi bien que leurs gènes n'ont pas été conçus pour être achetés et vendus sur le marché avec un objectif du profit¹¹. Les traiter comme de vraies marchandises conduirait alors à l'effondrement des activités humaines dans lesquelles ils sont impliqués (Stuart et Gunderson 2018). Cette idée me paraît stimulante pour ouvrir une discussion sur la participation des éléments de *vie (bios)* dans les processus constitutifs de ce qu'on appelle la globalisation. Dans les travaux récents de certains biologistes (Heams 2019; Kupiec 2019), la question de définition de la *vie* est de plus en plus tributaire d'une prise de conscience que

¹¹ Dans ce sens, Polanyi distingue l'activité marchande du commerce qui porte sur des échanges dans le sens plus large du terme et n'a pas forcément l'objectif du profit.

notre connaissance est très limitée et que les modèles rationnels que nous avons pris pour saisir cette notion ne sont peut-être pas les bons. La vie qui « échappe » à la rationalisation (Heams 2019), la vie « anarchique » (Kupiec 2019), peut-elle être prise en compte par les constructions rationalistes, déterministes et objectivistes de la technoscience ? Pourquoi la transformation des organismes vivants en commodités inertes reste inachevée ? Comment une partie irréductible du vivant, non ‘commodifiable’, est impactée par et impacte à son tour les activités technoscientifiques et économiques qui impliquent les organismes biologiques ? Les organismes vivants qui résistent à leur transformation en commodité ou même, selon l’expression de Latour (2000), répliquent ou contre-attaquent (« strike back »), deviennent acteurs à part entière dans les processus de globalisation et nous font repenser, corriger, changer nos actions. Mais la compréhension de ces contre-actions de la part des organismes vivants engage de toute évidence non seulement des catégories sociales mobilisées par les SHS (Sciences humaines et sociales), mais aussi celles qui relèvent de la nature biologique de ces organismes que seules les sciences naturelles peuvent rendre visibles et intelligibles. En faisant l’hypothèse que la circulation des gènes à des fins de reproduction n’est pas qu’une affaire de marché ou de technoscience, je propose une approche interdisciplinaire au croisement des regards de la sociologie et de la génétique animale pour saisir les enjeux de la globalisation des organismes vivants impliqués dans des productions agro-industrielles.

Approche interdisciplinaire de la globalisation animale : connecter les sciences sociales et les sciences biologiques

Depuis plusieurs années, les opérateurs de recherche (dont l’INRAE en France) incluent dans leurs stratégies un impératif de développer des recherches interdisciplinaires pour mieux saisir les problèmes complexes et globaux auxquels les activités humaines font face. Leurs réflexions se basent notamment sur une distinction entre les Modes 1 et 2 de la production des savoirs faite par Michael Gibbons (1994). D’après cette distinction, la science traditionnelle et disciplinaire du Mode 1 produit des savoirs théoriques, purs et universels. Le Mode 2 en revanche est orienté vers une production de connaissances appliquées et visant la compréhension non des lois universelles de la nature, mais du fonctionnement de systèmes complexes produits dans la société. C’est donc le Mode 2 de la science appliquée ou finalisée qui est considéré comme intrinsèquement interdisciplinaire, c’est-à-dire qui se doit de croiser les regards de plusieurs disciplines sur une problématique donnée. En réaction à cette distinction, de nombreux travaux en STS (Science and Technology Studies) ont montré

qu'elle n'a pas à avoir lieu puisque tout savoir est situé et il y a simplement une pluralité des savoirs (cf. par exemple Haraway 1988; Jasanoff 2004). Cela soutient en effet le débat sur l'organisation disciplinaire de la recherche que certains spécialistes estiment dépassée depuis longtemps (Boutier et al. 2006). Quoiqu'en dise la théorie, la mise en pratique des impératifs d'articulation entre les disciplines dans des projets de recherche reste pour le moment une tâche difficile et peu reconnue surtout lorsqu'il s'agit de croiser les sciences historiquement opposées : les sciences humaines et sociales dites 'molles' et les sciences de la nature et de la matière dites 'dures'. Des séminaires, séances de réflexion, journées de travail sont régulièrement organisés par des chercheurs désireux de dépasser les cloisonnements disciplinaires de la recherche. Un tel séminaire a été organisé à l'INRAE dans le cadre du Métaprogramme SelGen (Sélection Génomique) en avril 2017 entre les généticiens et les sociologues. Un autre, plus large, a eu lieu en janvier 2018 dans le cadre du GIS AGENAE (Groupement d'Intérêt Scientifique - Analyse du GENome des Animaux d'Elevage) entre des chercheurs en sciences animales (biologistes, physiologistes, généticiens) d'une part et des sociologues et économistes d'autre part. L'objectif de ces deux événements était de débattre du bilan des projets collaboratifs qui, d'après les conclusions, n'ont pas vraiment été interdisciplinaires. Les participants ont souligné trois points en particulier : (i) une grande difficulté à formuler les problématiques et les questions de recherche en commun ; (ii) une difficulté à se comprendre au niveau du langage et (iii) des visions souvent réductrices des traditions épistémologiques disciplinaires des 'autres'. Ce dernier point se traduit notamment par des reproches mutuels entre les collègues des sciences de l'animal et ceux des SHS. Les premiers pensent que les seconds simplifient et généralisent trop les faits scientifiquement produits, les rendant 'inexact'. Et les seconds reprochent aux premiers de ne pas prêter attention suffisamment tôt dans leurs projets à l'implication sociale de leur recherche et de réduire de fait le rôle des SHS à des études d'acceptabilité chez les acteurs concernés par les connaissances et innovations déjà produites et à l'estimation de leurs coûts et bénéfices. J'ai assisté à ce séminaire assez tôt dans mon travail de thèse. J'ai donc pu réfléchir à la construction de mon projet pour le rendre méthodologiquement le plus 'interdisciplinaire' possible.

Produire un travail 'interdisciplinaire' signifie pour moi avoir un regard depuis plusieurs disciplines sur la même problématique. Une des difficultés majeures est de développer une telle approche en impliquant différentes disciplines ensemble dans le même travail de recherche mené par un.e chercheur.e. Alors, sans prétendre produire un travail exhaustif sur la globalisation des organismes vivants ni résoudre définitivement le problème

d'interdisciplinarité, je propose une approche originale de ces questions en joignant dans une seule étude des réflexions menées séparément. Mon positionnement est certes asymétrique à dominance sociologique, mais je vise à croiser dans la mesure du possible les approches des sciences sociales et des sciences biologiques pour produire une connaissance commune. Du côté des SHS, mon ancrage théorique et épistémologique dans les Science and Technology Studies (STS) me procure le cadre déjà vu comme interdisciplinaire, croisant les approches philosophiques, historiques, anthropologiques, sociologiques et politiques de la production des savoirs et des technologies en société. D'une part, leur postulat fondateur que toute connaissance scientifique et toute technologie sont socialement construites est essentiel à la compréhension des sujets de haute technicité. D'autre part, l'originalité des approches analytiques des STS par rapport à la sociologie classique consiste en une considération équitable ou symétrique des éléments humains et non-humains organisés en réseaux et dotés de capacité d'agir, ce qui me permet de positionner les connaissances produites sur la vache, les technologies qui l'entourent et la vache elle-même au centre de mon analyse. Un autre courant interdisciplinaire des SHS, Animal Studies, se construit explicitement autour du sujet animal comme être conscient, réflexif et partie prenante active de la société. Traitant des questions de coexistence entre les animaux humains et non-humains, Animal Studies sont d'une part liés aux STS (Barron 2003; Sayes 2014; Pearson 2017; Latour 1993; 2000; D. J. Haraway 2008; D. Haraway 2019) et d'autre part font souvent jonction entre les SHS et les sciences biologiques car ils utilisent beaucoup les connaissances produites par ces dernières sur les mécanismes d'évolution, le comportement ou la physiologie des animaux (Kalof 2017). De la même manière, j'aspire à faire une telle jonction avec la génétique animale qui semble pour le moment avoir échappé à l'attention des Animal Studies et qui résulte elle-même de plusieurs disciplines (cf. Fig. 36 dans le chapitre 2). N'étant pas biologiste de formation, j'essaie d'en saisir quelques pratiques grâce à une immersion prolongée parmi les généticiens spécialistes des bovins laitiers. Cette immersion m'apporte non seulement le terrain ethnographique d'un laboratoire scientifique – une méthode tant valorisée des STS – mais aussi une compréhension de certains fondements théoriques et des concepts développés par la discipline de la génétique animale appliquée au monde de la sélection bovine.

Le positionnement asymétrique de ma thèse dans les deux mondes scientifiques ne me donnera en aucun cas le titre de docteur en génétique animale. En effet, je ne saurais pas estimer l'héritabilité de tel ou tel caractère de la vache laitière ni construire un modèle mathématique pour évaluer ce caractère qui serait ensuite inclus dans les pratiques de la sélection génomique. En revanche, je pense pouvoir porter un double regard sur cette

discipline scientifique – de l’intérieur et de l’extérieur – et pouvoir parler au nom de certains généticiens en apportant leur vision de la globalisation du vivant, problématique posée dans cette thèse. Cet avantage permet notamment d’impliquer des connaissances concrètes produites par les généticiens dans leur implication sociétale certainement plus large que ce que peuvent voir la plupart de généticiens eux-mêmes se situant à l’intérieur de leur discipline. Un de ces savoirs que le lecteur pourra suivre tout au long de ma narration sur la vache globale porte notamment sur une relation extrêmement complexe et échappant à l’approche déterministe entre l’animal et son milieu. Dans le langage de la génétique quantitative, il s’exprime au travers de la notion d’*interaction génotype-milieu* et se présente comme ‘*G*E*’ dans les équations mathématiques *ad hoc*. Dans l’histoire de la globalisation de la sélection bovine, je montrerai le rôle très politique et négociable de ce savoir malgré son ‘objectivité’ scientifique validée par les généticiens.

Je tente ainsi de répondre aux critiques apportées lors du colloque sur les approches interdisciplinaires des projets collaboratifs entre les sciences de l’animal et les sciences sociales. D’une part, suivre les connaissances en cours de production et d’application me permet de ne pas limiter mon analyse à une étude d’acceptabilité. D’autre part, une compréhension approfondie des méthodes et des pratiques de la génétique animale me permet, je l’espère, de parler au nom des deux disciplines sans simplifier à outrance les faits produits par les généticiens tout en les mettant à l’épreuve des concepts sociologiques.

Mon approche interdisciplinaire est assise sur une double direction de la thèse : par Pierre-Benoît Joly, sociologue spécialiste de l’innovation de l’UMR LISIS (Laboratoire Interdisciplinaire Sciences Innovations Sociétés), et par Vincent Ducrocq, généticien spécialiste des bovins laitiers de l’UMR GABI (Génétique Animale et Biologie Intégrative) de l’INRAE. Cette double direction représente sans aucun doute une force pour ma recherche interdisciplinaire, mais elle est également une de ses difficultés. Cette difficulté est surtout liée à la nature de mon engagement sur le terrain de la génétique. Intégrée au sein du projet de coopération scientifique internationale dans le domaine de la sélection génomique bovine GENOSOUTH coordonné par Vincent Ducrocq, comment me partager entre l’observation sociologique, l’implication professionnelle et l’apprentissage? Comment garder un regard impartial et déontologiquement neutre sur mes collègues qui sont en même temps acteurs que je suis sur mon terrain d’enquête, personnes-ressources et co-producteurs de la présente recherche ? Ces exigences de neutralité et d’objectivité vis-à-vis des acteurs animent les sociologues depuis quelques décennies. Dans ce questionnement, je prends la position

suggérée par le sociologue américain Howard S. Becker (1967) qui a un art pour dédramatiser : « Nous prenons parti selon nos engagements personnels et politiques, nous utilisons nos ressources théoriques et techniques pour éviter les distorsions qui pourraient s'introduire dans notre travail, nous limitons soigneusement nos conclusions, nous reconnaissons la crédibilité de ce qui est, et nous répondons du mieux possible aux accusations et aux doutes qui ne manqueront pas de nous assaillir. » (p. 247) J'explicité donc mes démarches ici, aussi imparfaites qu'elles soient, pour que le lecteur les ait en tête à la lecture de cette thèse.

Mon premier défi dans la volonté d'approche interdisciplinaire est de trouver une problématique pertinente sur laquelle les deux disciplines puissent avoir un regard croisé. Celle de la globalisation des organismes vivants intégrés dans des activités humaines telles que la recherche scientifique et le marché semble présenter un intérêt pour les deux disciplines. La globalisation de certaines races bovines accompagnée de leur surutilisation mène à une perte de diversité à plusieurs niveaux et notamment au niveau génétique, ce qui pose la question de la durabilité d'une des plus anciennes activités humaines – celle de la sélection animale, du moins dans sa conception historique autour de la race pure. Les généticiens sonnent l'alarme depuis quelques décennies afin de sensibiliser les acteurs du marché de la génétique bovine à une adaptation nécessaire de leurs pratiques de commercialisation des ressources génétiques et de sélection. Les SHS qui de leur côté prêtent beaucoup d'attention à la re-spatialisation de la vie sociale et à la dichotomie local-global peuvent trouver de nouveaux tournants théoriques et méthodologiques en regardant de près et même 'de l'intérieur' la nature des organismes biologiques et les changements qu'ils subissent d'un côté et engendrent de l'autre au sein de la société globalisée.

Un autre défi est de garder le sens critique sans pour autant se mettre d'objectif d'évaluation des actions/acteurs, mais plutôt adopter une approche analytique des situations dans leur ensemble et symétriser le regard : analyser non seulement la position et les actions des chercheurs généticiens auprès desquels je suis investie professionnellement et intégrée pour mener mon enquête, mais également approcher les acteurs du marché de la semence bovine ainsi que les éleveurs pour saisir leurs logiques. Ces trois catégories de protagonistes de la sélection bovine moderne représentent chacune à sa façon l'objet autour duquel se développent leurs activités – la vache qui mérite de fait notre regard à part.

Un troisième défi est de nature épistémologique. M'adresser à deux types de lecteurs – sociologues et généticiens - implique une attention particulière à l'écriture. Chaque discipline

possède en effet son langage, ce qui nécessite un travail minutieux de traduction. Surfant sur la vague de l'interdisciplinarité promue dans la recherche, des réflexions sur la traduction interdisciplinaire font jour et sont notables comme lors du colloque EASST (European Association for the Study of Science and Technology) en 2018 où quelques communications y ont été dédiées. Développées plutôt dans le milieu anglophone de la science globale, de telles analyses linguistiques interdisciplinaires ne semblent pas (ou peu) investir la langue française. Néanmoins, le principe d'«intégration sociotechnique» («socio-technical integration») peut être accepté comme commun et doit être respecté si l'on souhaite obtenir une compréhension des partenaires dans des projets multi-, inter- et transdisciplinaires (Hess 2018). Ce principe implique une neutralité linguistique (sémantique et stylistique) pour réduire le «jargonage» disciplinaire au minimum et une explicitation obligatoire de termes «techniques», exercice à laquelle je me donne avec un certain plaisir d'une linguiste et d'une personne bilingue. Dans cette perspective, je me suis donc efforcée d'écrire de la manière la plus neutre possible. Les relectures régulières par des collègues des deux disciplines, ainsi que par des personnes extérieures m'y ont beaucoup aidé. Un glossaire est fourni au lecteur sur une feuille détachée comportant les explications des termes «techniques» et abréviations utilisés dans la narration.

Présenter régulièrement mes recherches aussi bien au public des sociologues qu'aux généticiens était pour moi le moyen de valider tous ces points du travail interdisciplinaire. Mes communications au workshop international des spécialistes de l'évaluation génétique des bovins avec une publication dans le Journal d'Interbull (Chavinskaia, Ducrocq, et Joly 2017), au congrès FEZ (Fédération européenne de zootechnie ou EAAP pour European Federation of Animal Science) (Chavinskaia et Ducrocq 2018), ainsi qu'en Afrique du Sud au congrès SASAS (South-African Society for Animal Science) (Chavinskaia et Ducrocq 2019) ont marqué les étapes d'enquête auprès des acteurs. De nombreuses communications dans le milieu sociologique ont également eu lieu tout au long de mon travail de thèse dont deux aux colloques internationaux EASST (European Association for the Study of Science and Technology) en 2018 et 4S (Society for Social Studies of Science) en 2019 (Chavinskaia 2018 ; 2019).

Dans le cadre de mon cursus doctoral, j'ai également assisté à des sessions de formation dispensées aussi bien en sociologie (Ecoles doctorales IFRIS (Institut francilien recherche innovation société) en 2016, 2017 et 2018, sessions de formation Fondamentaux de la recherche en sciences sociales à l'Université Gustave Eiffel en 2018 et en 2019), qu'en sciences de l'animal (Ecole chercheur Animal 4D à AgroParisTech en 2018).

Ancrage théorique et base conceptuelle

L'approche interdisciplinaire renvoie à l'utilisation d'un cadre théorique qui s'y prête. Celui des STS me semble être en adéquation pour des raisons que j'ai déjà partiellement évoquées : d'une part, une prise en compte symétrique des éléments humains et non-humains et d'autre part, une représentation d'objets étudiés comme réseaux/agencements/assemblages de ces éléments qui permettent de les considérer dans leur action et leur dynamique. Par rapport à un objectif d'interdisciplinarité, cette approche permet d'inclure les connaissances produites par des disciplines différentes dans une même étude et tenir compte de leurs évolutions dans le temps et dans l'espace. Ainsi, j'ai choisi deux concepts principaux comme instruments de mon analyse. Le premier est celui l'*agencement socio-bio-technique* (Selmi et Joly 2014) qui représente une extension du concept plus générique d'*agencement socio-technique* développé par le sociologue Michel Callon et ses collègues de l'école française de STS (Callon et Muniesa 2003; Callon 2013) dans la continuité de la *théorie acteur-réseau* (ANT), théorie fondatrice des STS (Akrich, Callon, et Latour 2006). C'est au travers de la notion originelle de *réseau sociotechnique* que la sociologie des sciences et des techniques a pu changer le regard sur la société en dépassant son anthropocentrisme et en intégrant les éléments non-humains (matériels au début) dans l'analyse des objets technologiques complexes. La notion d'*agencement* proposée dans cette continuité va encore plus loin dans la démarche intégratrice et tient explicitement compte des éléments dont les formes d'existence ne sont pas forcément matérielles (discours, symboles, normes et règles, connaissances, etc.) De plus, tout en transcrivant explicitement le statut d'*agency* (actant) dans le mot lui-même, la notion d'*agencement* suppose une recherche d'une certaine stabilisation entre les éléments, tandis que les réseaux étaient considérés plutôt dans leur dynamique d'extension permanente. Adel Selmi et Pierre-Benoît Joly (2014) soulignent à leur tour l'importance d'intégrer de manière plus explicite les éléments de nature biologique en plus de ceux déjà considérés par la notion d'*agencement*, surtout lorsqu'il s'agit d'analyser les objets complexes impliquant des organismes vivants, comme notamment des systèmes de productions agricoles. Les auteurs le justifient dans leur analyse des régimes de production de connaissances en fonction des différentes filières animales : bovine, porcine et aviaire. Ces régimes varient en effet en fonction de la nature biologique de telle ou telle espèce prise en compte dans la production des ressources génétiques. Parler des *agencements socio-BIO-techniques* permet alors de marquer le rôle actif de l'organisme vivant et mieux en tenir compte dans l'analyse des

actions et interactions à l'intérieur et entre les agencements soumis au processus de globalisation. Ce concept étant difficile à comprendre et à retenir pour des personnes extérieures aux STS, je dédie la première partie de cette thèse à son explicitation détaillée dans son application à la sélection bovine. En plaçant la vache au centre de mon analyse, je la présente comme un *agencement socio-bio-technique* qui a été construit au fil des siècles et qui aspire à une durabilité dans le temps. En parlant le langage plus familier aux collègues généticiens, ce mécanisme d'agencement rejoint ce que Bertrand Vissac (1993; 2002), zootechnicien et généticien français, appelle « *mémorisation-information* » du système de sélection bovine en soulignant la nature cumulative et interactive des techniques et des pratiques de l'amélioration génétique. Aussi, pour une meilleure intelligibilité par des collègues des sciences animales, je vais parler de l'*agencement bovin* que je présente visuellement sous forme d'un schéma interactionniste entre les différents éléments dont les valeurs que porte en elle la vache moderne (cf. Fig. 1 du chapitre 1). De cette manière, il devient possible de se représenter d'une part une construction de l'agencement et ses mécanismes de stabilisation qui ont été historiquement régis par une régulation étatique de la sélection avec un dispositif de calcul des valeurs génétiques des animaux ('centres de calcul' que Bruno Latour (2006) considère comme cœurs du pouvoir fédérateur des réseaux), et d'autre part sa déstabilisation avec le développement des circulations internationales des ressources génétiques bovines. C'est là, dans ce changement d'échelle, que le concept d'agencement montre ses limites pour mon analyse. Étant héritier de la notion de réseau et n'étant pas conçu de ce fait pour avoir des frontières, il ne semble pas être suffisant pour saisir le processus de globalisation non achevé, c'est-à-dire une situation où les agencements bovins continuent à exister au niveau national, mais où les ressources génétiques circulent facilement entre les pays en formant un pool génétique au niveau global. Un second concept d'*assemblage global* proposé par les anthropologues des sciences américains Aihwa Ong et Stephen J. Collier (2008) apparaît alors comme pertinent pour compléter mon analyse de la globalisation bovine. Bien qu'il soit très proche de la notion d'*agencement* du point de vue de sa représentation comme une configuration d'éléments hétérogènes, la distinction introduite par les auteurs avec les critères de stabilité et de durabilité m'est utile pour passer dans mon analyse du niveau local au niveau global et pour montrer comment les agencements bovins locaux/nationaux déstabilisés par la mondialisation des échanges s'assemblent et se réassemblent entre eux et avec d'autres éléments sans pour autant atteindre une stabilité. « En tant que concept composite, expliquent Ong et Collier (p. 12), le terme d' 'assemblage global' contient des tensions inhérentes : global signifie largement inclusif, homogène et flexible ;

assemblage signifie hétérogène, contingent, instable, partiel et situé. » Pour faire le lien entre ces deux concepts, je fais appel à une notion de génétique quantitative - l'*interaction génotype-milieu* (voir par exemple Falconer 1952) - pour objectiver le lien intrinsèque et complexe que l'animal entretient avec son environnement et qui prend en compte et mesure les variations d'expression des gènes. Je l'utilise pour montrer le rôle politique de la connaissance scientifique dans la construction des assemblages globaux. C'est sur ce concept que des généticiens ont en effet fondé leur cause dans la lutte pour une certaine forme de globalisation bovine dans laquelle l'animal garde son ancrage local. Et c'est cette notion qui est délibérément ignorée par les acteurs marchands qui la considèrent comme peu pertinente compte tenu des objectifs économiques.

Si ses trois instruments conceptuels m'aident à cadrer mon travail, ils ne sont pas pour autant suffisants pour traiter le sujet. D'autres notions viennent appuyer mon analyse. Celles de *valuation* (Dewey 2011) et de *quantification* (Porter 1995a) m'aident, dans la première partie, à déconstruire la notion d'*évaluation génétique* utilisée dans le milieu professionnel d'amélioration animale et à la comprendre comme une construction de la valeur simultanément sociale, technique et biologique de la vache. Dans la seconde partie, la notion de *communauté épistémique* (P. M. Haas 1992; Adler et Haas 1992) marque le point d'émergence d'un collectif d'acteurs que je suis tout au long de la thèse¹² et le développement de leur action techno-politique engagée sur le terrain international de la sélection bovine que j'identifie au travers de la notion de *commensuration* (Espeland et Stevens 1998a; Desrosières 2014) des valeurs génétiques bovines. Cette recherche d'outils techniques d'équivalence politico-économique des valeurs vise dans l'esprit de mes acteurs à contenir les verrouillages et les convergences de la globalisation et à garder une diversité des *agencements bovins* nécessaire à la durabilité de l'activité de sélection. Dans la troisième partie, deux autres notions viennent renforcer le caractère dual techno-politique de la globalisation bovine. L'une, celle de *diplomatie* issue des sciences politiques (Ruffini 2019), souligne le travail d'influence politique mené par les acteurs sur le terrain des pays en développement ou émergents désireux de rejoindre l'espace global de la sélection bovine. L'autre, celle de DIY ('Do It Yourself'), met en lumière le caractère négocié des outils technoscientifiques utilisés par les acteurs de terrain dans leurs pratiques de valuation et de construction de leur propre vache locale. J'explicité ces notions plus en détail dans les sections introductives des parties et des chapitres concernés.

¹² Cf. la rubrique « Acteurs » de cette introduction générale.

Terrains d'enquête : situer une enquête globale

Mon enquête a couvert plusieurs terrains dont certains n'ont pas vraiment été pensés pour une enquête sociologique, mais reconstitués comme tels *a posteriori*. Il s'agit notamment de mes implications professionnelles en amont de la thèse. En tant que chargée de mission aux relations internationales d'INRAE de 2009 à 2015, j'ai coordonné des coopérations internationales notamment dans le domaine de la sélection génomique encadrées par le Métaprogramme SelGen. J'ai eu également en charge la coordination d'un projet particulier de transfert du savoir-faire français au Kazakhstan dont la sélection bovine faisait partie. Il a donc fallu reconstruire un corpus de données à partir des documents conservés, de mes notes et de mes souvenirs des faits marquants afin d'inclure l'analyse de mes premières observations sur ce terrain international qui m'a amené à questionner la globalisation de la vache. Cette implication professionnelle m'a fait connaître les généticiens du laboratoire GABI (Génétique animale et biologie intégrative) qui a constitué mon second terrain d'observation et d'apprentissage des bases de la génétique animale. C'est ainsi que j'ai approfondi la question de la globalisation bovine au travers des principes de l'évaluation génétique. Le projet GENOSOUTH dans lequel je me suis impliquée, professionnellement au début et en tant que doctorante à la fin, m'a ouvert une perspective sur le terrain des pays émergents dans leur quête des technologies modernes d'évaluation du potentiel génétique de leurs populations bovines : l'Inde, l'Afrique du Sud, le Brésil et le Kazakhstan (que je connaissais déjà par ailleurs). Mais il m'a ouvert également une autre opportunité de découvrir Interbull (International Bull Evaluation Service), organisation internationale d'évaluation génétique des taureaux reproducteurs. Ce terrain s'est révélé incontournable si je souhaitais saisir les enjeux de nature hétérogène – technique, politique, économique et biologique – de la globalisation bovine. J'ai donc pu retrouver et interviewer les acteurs historiques et actuels et avoir accès aux archives de cette organisation vieille de 50 ans. En outre, j'ai passé trois semaines à Interbull Centre (centre de calcul d'Interbull) à Uppsala en Suède et assisté à un workshop technique (Slovénie en 2017) et à trois congrès internationaux co-organisés par Interbull (Chili en 2016, Nouvelle Zélande et Croatie en 2018) pour comprendre la vie des connaissances et des instruments technoscientifiques qui participent à la construction de la vache globale. Sur ce terrain transnational, j'ai également approché les consortia génomiques (Eurogenomics et le consortium nord-américain), deux organisations internationales des industriels de la semence, afin de symétriser mon approche avec les

acteurs du marché par rapport aux acteurs scientifiques. Après avoir exploré ce terrain des pays dits développés, sur lequel la problématique de la globalisation de l'espace génétique bovin s'est construite et a pris la forme d'un certain assemblage global, j'ai porté mon regard sur les pays en développement dont l'intégration apporte une nouvelle diversité de contextes, d'acteurs et donc de valeurs dans cet espace et appelle à un nouveau ré-assemblage d'outils, d'institutions et de voies de circulation des ressources génétiques au niveau mondial. Dans l'impossibilité d'explorer en détail, le temps d'une thèse, les quatre pays du projet GENOSOUTH, mon choix (que j'explique dans la troisième partie de cette thèse) s'est porté sur l'Afrique du Sud pour y faire un voyage de terrain approfondi d'un mois. Les autres pays ont fait objet d'analyse à distance avec les données reconstituées de mes expériences professionnelles et des interviews des personnes (scientifiques généticiens principalement, mais aussi quelques industriels) impliqués dans les coopérations depuis la France.

Un travail de terrain important et transversal de ma thèse s'est déroulé également dans les colloques et congrès scientifiques internationaux dédiés à la génétique animale : FEZ (Fédération Européenne de Zootechnie, plus souvent appelée EAAP pour European Federation of Animal Scienc) en 2016, en 2017 et en 2019 et WCGALP (World Congress on Genetics Applied to Livestock Production) en 2018. C'est dans ces grandes réunions scientifiques que j'ai pu suivre la production des connaissances en lien avec les enjeux les plus actuels de la sélection animale. C'est là aussi que j'ai pu écouter et rencontrer les chercheurs du monde entier qui sont porteurs de ces enjeux et qui confrontent leurs idées. Il est rare d'y rencontrer des chercheurs en SHS, mais l'ouverture progressive est néanmoins notable. Lors du congrès WCGALP, un panel a été monté par des économistes et sociologues travaillant sur les problématiques de l'élevage. Plus souvent, ces spécialistes sont invités ponctuellement pour porter leurs regards extérieurs sur une question en particulier.

Acteurs : approcher les visions divergentes de la vache

Dans le cadre de ma recherche, j'ai été principalement intégrée dans le milieu des chercheurs généticiens spécialistes de la génétique bovine. Les observer pendant plusieurs années m'a permis d'identifier les acteurs clés porteurs de certaines valeurs scientifiques et morales au sein des agencements bovins de plusieurs pays. Armés de leur connaissance du vivant et des méthodes de quantification nécessaires au fonctionnement du marché de la génétique bovine, ils s'engagent depuis un demi-siècle dans les arènes professionnelles transnationales pour tenter de réguler les circulations des semences bovines sur le marché

globalisé. Je les réunis sous une appellation un peu longue de *réseau épistémique transnational d'évaluation bovine*. Le caractère éclaté et sans statut institutionnel stable de leur collectif les rapproche de ce que Roth (2015) a conceptualisé comme *réseau épistémique* dans le but d'une meilleure analyse des *communautés épistémiques* (Haas, 1992) de grande taille qui, en pratique, se relèvent hermétiques, d'après l'auteur, à l'étude ethnographique. Les généticiens quantitatifs que je considère dans mon étude, représentent en réalité une communauté assez restreinte. Bien que dispersée entre les différents pays et non formalisée, elle peut être repérée empiriquement dans les forums internationaux hybrides dédiés à l'évaluation génétique des bovins : des groupes de travail interprofessionnels, des workshops techniques, des congrès scientifiques, etc. Mais la notion du réseau a l'avantage de renvoyer également à une certaine flexibilité dans sa composition et à une continuité dans un temps relativement long. Nous verrons en effet dans le déroulement de la thèse l'évolution de ce réseau à travers différentes collaborations et alliances tant au niveau transnational que bilatéral. Les généticiens qui en font partie sont principalement issus des organismes de recherche publique (INRAE en France, USDA aux États-Unis), des universités (Université des Sciences Agricoles en Suède, Université d'Aarhus au Danemark, Université de Guelph au Canada), des centres nationaux d'évaluation génétique (AEU (Animal Evaluation Unit) aux Pays-Bas, CDCB (Council of Dairy Cattle Breeding) aux États-Unis, VIT en Allemagne) ou encore des organisations interprofessionnelles (Allice en France). De par leurs formations universitaires en génétique quantitative appliquée à l'animal, ils ont pu forger une culture scientifique commune basée sur une vision holistique de l'animal comme un organisme biologique complexe intégré historiquement dans les systèmes d'élevage variés avec leur ancrage territorial et culturel. Il en découle des engagements politiques (Haas, 1992) et épistémiques (Granjou et Arpin, 2015) que ces généticiens partagent et qui leur permettent de valoriser un certain type d'agenda de recherche. Il s'agit notamment de développer des connaissances en faveur de la diversité de systèmes de production et des animaux qui y participent, diversité considérée comme condition *sine qua non* de la durabilité de l'activité d'élevage. Je dédie plus particulièrement le deuxième chapitre à la discipline de la génétique quantitative appliquée à la construction de la valeur quantifiée de l'animal reproducteur et le troisième chapitre à l'émergence et les actions du collectif de ces généticiens engagés dans une démarche techno-politique de préservation d'une diversité utile à la sélection animale durable dans le contexte du marché global.

Afin de symétriser mon approche et de ne pas limiter mon enquête aux acteurs de la recherche porteurs d'un certain type de visions, d'idées et de valeurs, je dois en toute logique

prêter attention à une autre catégorie d'acteurs impliqués dans la globalisation de la sélection bovine : les acteurs du marché de la semence. Leur logique marchande, souvent aux couleurs de l'idéologie néolibérale, bien que faisant partie intégrante des agencements bovins et des assemblages globaux, est en opposition par rapport à la logique scientifique des généticiens qui voient des limites à la marchandisation des ressources génétiques. Issus des entreprises industrielles de production de semence comme CRV aux Pays-Bas, Evolution en France, ou ABS aux États-Unis, ils sont impliqués sur les marchés dans différents pays ainsi que dans des organisations internationales comme Interbull ou les consortia génomiques.

Un troisième groupe d'acteurs, que je fais apparaître surtout dans le dernier chapitre de cette thèse, est représenté par les éleveurs. Ils ne sont pas visibles dans les arènes technopolitiques internationales. En revanche, ce sont eux qui se retrouvent utilisateurs finaux de la vache globale localement. J'ai approché tout particulièrement ces acteurs en Afrique du Sud, pays en plein redéveloppement de son propre système de sélection bovine qui d'un côté ambitionne intégrer le marché global et de l'autre préserver sa souveraineté économique nationale. Ses acteurs doivent ainsi se débrouiller pour construire leur vache locale porteuse de leurs propres valeurs et répondant à leurs propres besoins à partir des ressources génétiques et des technologies qui leur sont proposées (et de certains points de vue imposés) par l'espace global de la sélection.

Ensemble, ces trois groupes d'acteurs m'ont aidé à faire émerger dans ma recherche son acteur principal – la vache, celle qu'il faut entendre sur le sujet de la globalisation des organismes vivants qui sont devenus des 'quasi-marchandises', mais qui gardent en eux une partie irréductible de la vie et qui participent pleinement à la construction de notre société.

Méthodes : entre la sociologie, la biologie et la photographie

De toute évidence, mes principales méthodes de travail d'analyse se trouvent du côté de la sociologie et non du côté des sciences biologiques. Il s'agit des méthodes qualitatives d'entretiens libres et semi-directifs avec les acteurs humains, de l'observation participante et non participante sur le terrain qui implique aussi bien les humains que les machines, les chiffres et les animaux vivants. Avec une soixantaine d'entretiens semi-directifs et des observations au sein du laboratoire GABI de l'INRAE, au Centre Interbull (International Bull Evaluation Service) en Suède, au Département des Sciences Animales de l'Université d'État Libre en Afrique du Sud, lors des réunions de travail organisés par Interbull et Eurogenomics (consortium européen des producteurs de la génétique Holstein), lors des congrès

internationaux et des workshops, ainsi que dans des organismes d'évaluation, de production et de commercialisation des ressources génétiques, auprès des éleveurs et des associations de races, je suis les pas des fondateurs de l'école française des STS (Akrich, Callon, et Latour 2006) pour faire une ethnographie de l'immense laboratoire de la sélection bovine où s'imbriquent les pratiques de recherche scientifique, de mesure, de calcul, d'élevage, de sélection et de commerce. Ces entretiens ont été retranscrits en entier soit par moi-même, soit par un prestataire extérieur.

Une prise de visuels sur les lieux d'observation a fait également partie de mon travail de terrain aux côtés de la prise de notes par écrit. Passionnée de photographie, j'ai développé une sensibilité particulière pour ce médium visuel de la connaissance. Les images que le lecteur trouvera tout le long de ma thèse jouent pour moi un double rôle dans la narration. D'un côté, elles sont là pour aider le lecteur à se représenter les terrains d'étude et les acteurs qui d'habitude sont peu visibles pour des personnes non initiées à et non spécialistes de la sélection bovine. L'illustration aide à mieux comprendre, démystifier et quelque part valider des propos techniquement complexes en les rendant accessibles par la visualisation. De cette manière, les éleveurs sud-africains que je présente dans mon dernier chapitre, pratiquent la visualisation comme une approche critique des méthodes d'évaluation qui leur paraissent peu intelligibles. D'un autre côté, l'image est une source de connaissance en soi. En prenant toujours l'exemple de l'Afrique du Sud où, lors des événements sociaux, la barrière de la langue afrikaans que je ne parle pas ne me permettait pas de comprendre pleinement tout ce qui se disait. En revanche, c'est en regardant les visuels pris lors de ces événements que j'ai pu me rendre compte de l'importance de telle ou telle pratique. Depuis quelques années, l'EHESS (École des hautes études en sciences sociales) développe au travers des recherches et des enseignements une approche visuelle de la sociologie (voir par exemple, Dantou et al. 2015; Leon Quijano 2018; 2019; 2019). Une méthode d'ethnographie visuelle est, selon moi, à travailler et à utiliser plus systématiquement dans les STS qui traitent de sujets compliqués et peu visibles en société et qu'une approche visuelle et artistique peut rendre plus intelligibles. Afin de mettre ces suggestions à l'épreuve du lecteur, j'annexe à cette thèse mes deux projets photographiques développés pendant le travail sur cette thèse (Annexe 2). Un travail artistique intitulé « Cowscapes » évoque le lien intrinsèque entre la vache et son milieu. L'autre, de nature plus documentaire, traite du travail des éleveurs sud-africains dans un contexte socialement et politiquement compliqué de l'insécurité.

L'approche 'photographique' du travail sociologique me conduit aussi à la recherche de la « bonne focale », selon l'expression utilisée par le sociologue américain Howard S. Becker (2016) déjà mentionné ici. Dans un travail d'enquête globale, il est important de varier non seulement les points de vue, mais également la distance de notre regard sur la question posée, tantôt en rapprochant notre viseur de tel ou tel élément pour saisir son 'portrait' détaillé, tantôt en l'éloignant pour composer le 'paysage' dans son ensemble. Dans le travail sur ma thèse, j'ai adopté donc cette démarche pour saisir de différentes manières des aspects divers de la globalisation bovine. Montrant au lecteur tantôt un collectif d'acteurs généticiens, tantôt une de leurs actions ; tantôt une méthode scientifique à vocation générique, tantôt son implication pratique concrète ; tantôt un ensemble de pays, tantôt un pays en particulier, tantôt un de ses éleveurs pris de manière isolée, etc., je poursuis l'objectif de présenter au lecteur la sélection bovine en pleine reconstruction globale, dans toute sa complexité et dans toute sa diversité de plans, d'expériences, d'éléments en interaction, bref, de variables. Comme l'a exprimé Becker (2016, p. 26), cette démarche méthodologique « prend pour axiome que tout – oui, tout ! – ce qui est présent dans la situation étudiée contribue à faire ce qu'elle est, à ce que les choses se déroulent ainsi. »

Je me permets également de considérer parmi mes méthodes de travail des démarches de 'formation' aux sciences de l'animal. Les échanges réguliers avec l'un de mes directeurs de thèse, le généticien quantitatif spécialiste des bovins laitiers, ainsi qu'avec d'autres collègues du laboratoire GABI de l'INRAE sortaient des entretiens classiques. Ces échanges peuvent être vus comme un tutorat durant lequel différentes questions liées à la discipline de la génétique animale ont été approfondies pour que je puisse m'approprier la conceptualisation méthodologique et technique propre à la génétique quantitative et à son application dans les pratiques de la sélection bovine. Ma participation à l'École chercheur Animal 4D organisée par AgroParisTech faisant également partie de cette démarche au-delà d'une simple observation qui permet de se familiariser avec la façon de penser et de produire les connaissances au sein des sciences animales.

Cette 'formation' à la génétique animale me permet également de saisir une similarité entre l'approche méthodologique préconisée par Becker pour la sociologie et celle de la génétique quantitative, (sous-) discipline la moins déterministe des sciences génétiques, comme je le montre dans le deuxième chapitre. Pour les deux, la démarche consiste à saisir le plus de variables possible dans la réalité à expliquer pour l'expliquer justement de manière la plus précise et la plus véridique possible. Les généticiens essaient ainsi d'expliquer les résultats

observables divergents dans les phénotypes d'animaux par une multitude d'effets de gènes et d'environnement qui peuvent être estimés soit de manière additive, soit dans leurs interactions. De la même manière, « la sociologie explique comment un mécanisme sous-jacent produit une grande diversité d'expériences, en fonction de tous les autres processus dont les effets contribuent à celui qu'on observe » (Becker 2016, p. 13).

Déroulement de la thèse : varier la focale entre le global et le local

La narration se décline en trois parties dont chacune se construit en deux chapitres qui adoptent des focales plus ou moins longues pour saisir différentes représentations de la vache dans notre monde actuel : vache moderne, vache globale et vache locale.

Des accroches visuelles qui se placent au début de chaque partie sont inspirées de l'œuvre du peintre René Magritte (1898-1967) et de manière générale du mouvement artistique de surréalisme. Elles évoquent une sur-réalité bovine. La quête de réalité invisible des choses dont les surréalistes ont fait la raison de leur œuvre artistique est également dans la préoccupation des sociologues ayant fait de la théorie Acteur-Réseau leur outil de recherche (Callon 1986, Akrich, Callon, et Latour 2006). L'objectif est donc de faire apparaître la vache dont l'existence dépasse les limites de son corps physique pour que le lecteur prenne conscience de l'enchevêtrement profond de la vache dans notre société au travers des liens forts avec de nombreuses sphères de notre vie¹³.

La première partie a un rôle important dans ce propos. Paraissant de prime abord très peu ancrée dans le terrain d'enquête sociologique dans sa forme, elle l'est pleinement sur le fond, car elle est le résultat de ma longue présence (dans différents rôles) parmi les acteurs. Elle remplit donc un rôle d'acclimatation¹³ à l'objet complexe de la thèse aussi bien pour moi que pour le lecteur. Elle introduit les acteurs principaux de la thèse : la vache d'un côté au travers de ses valeurs qui ont constitué son existence au sein des sociétés humaines au fil des siècles (chapitre 1) ; et la science de la génétique animale de l'autre qui tente de saisir, au travers de ses méthodes quantitatives/statistiques d'évaluation, la valeur de la vache moderne (chapitre 2). Cette partie est en même temps l'occasion pour les lecteurs peu familiers avec le monde de la génétique et de la sélection animale de le découvrir et d'en comprendre quelques notions utiles à la poursuite de la lecture de la thèse, comme la *race*, l'*amélioration génétique*, l'*évaluation génétique/génomique*, l'*interaction génotype-milieu*, etc. Symétriquement, le

¹³ Mes deux projets photographiques annexés à cette thèse vont également dans ce sens en faisant lien entre le travail de recherche et le travail artistique.

lecteur peu familier avec le monde conceptuel des STS, y découvrira les notions d'*agencement socio-bio-technique*, de *valuation*, de *quantification* et de *convention d'équivalence* et, je l'espère, comprendra l'utilité analytique de ces outils. A travers ce travail de traduction et d'explicitation 'interdisciplinaires' de l'objet de la thèse, cette première partie interroge la '*modernité*' de la sélection bovine et propose de la considérer en construction. Comment la vache est devenue 'vache moderne', au croisement des activités scientifiques, technologiques, numériques, industrielles, marchandes. Pour une meilleure compréhension des événements récents et contemporains qui constituent l'objet d'analyse des parties suivantes de la thèse, il semble en effet nécessaire d'avoir quelques éléments diachroniques au préalable. Dans cette première partie, je suis donc le processus long de constitution de l'agencement bovin, de tissage des liens entre ses éléments, les tensions qui apparaissent au fur et à mesure de l'industrialisation de la sélection et une mise en œuvre des mécanismes calculatoires de sa stabilisation au niveau national.

La seconde partie nous place dans la période dite de '*globalisation*'. La sélection animale moderne construite autour des dispositifs technoscientifiques de l'évaluation génétique et génomique fait face à une accélération des échanges marchands des ressources génétiques entre les pays, à une déstabilisation des agencements bovins nationaux, à la domination de la race laitière la plus industrialisée et la plus économiquement profitable qui s'impose sur le marché mondial et à l'émergence de quelques grands acteurs hégémoniques au niveau international qui dictent leurs standards de sélection. Dans cette partie, je m'interroge donc sur ce que devient la vache intégrée dans tout ce processus de globalisation. Pour y répondre, je choisis de suivre quelques généticiens quantitatifs qui, réunis en communauté épistémique face à la globalisation du marché des ressources génétiques devenue problématique pour les agencements bovins nationaux, s'interrogent sur des moyens de préserver une diversité des valeurs de la vache en fonction des milieux de son usage (Chapitre 3). C'est pour eux une condition *sine qua non* de la durabilité de toute l'activité de sélection. Ce travail est ponctué de succès et d'échecs dans la négociation avec les acteurs du marché global qui ont plutôt besoin d'une échelle de valeurs unique pour faciliter les échanges. Ces jeux de pouvoir produisent des réassemblages d'éléments hétérogènes en rendant fragile et en faisant vaciller l'organisation globale de la sélection. Interbull (International Bull Evaluation service) construit par les généticiens dès les années 1970 avec l'objectif d'établir un dispositif de *commensuration* des valeurs génétiques bovines entre les acteurs de la sélection des différents pays. La mise en place d'un modèle mathématique prenant en compte la notion d'*interaction génotype-milieu* et le développement d'un service d'évaluation internationale donnent espoir

aux généticiens d’asseoir cette forme de globalisation bovine basée sur la diversité des valeurs. Néanmoins, un changement radical du paradigme technologique associé au désengagement des États des dispositifs nationaux de sélection, déstabilise aussi bien l’organisation nationale que mondiale de la sélection et laisse place à de nouveaux assemblages globaux connexes : les consortia génomiques des producteurs de la semence bovine. Très liés au dispositif d’Interbull, ils lui sont en même temps concurrents et poussent à une réunification et à une homogénéisation des systèmes d’évaluation qui ne tiendraient pas compte de l’effet d’*interaction génotype-milieu* sur la valeur de l’animal (chapitre 4). Ainsi, au niveau des pays développés, deux logiques se font concurrence dans le paysage de la sélection bovine globalisée : (i) celle d’une diversité des milieux et des valeurs d’usage de la vache portée plutôt par les généticiens et (ii) celle basée d’une valeur unique d’échange portée par les acteurs marchands. Autrement dit, la question est : la vache globale restera-t-elle ‘multiple’ répondant ainsi à sa nature biologique enchevêtrée dans son milieu où rejoindra-t-elle l’idéal industriel et marchand d’une commodité parfaite, inerte, standard et facilement transposable dans le temps et dans l’espace ?

L’enjeu actuel pour ces acteurs est l’ouverture de l’espace international de la sélection aux pays en développement¹⁴ qui nécessitera indéniablement un nouveau réassemblage de forces au niveau global. La troisième et dernière partie de cette thèse est dédiée à l’analyse de ce terrain en plein essor sur lequel se déploient les jeux du pouvoir entre les différents acteurs. Qu’ils soient locaux ou venant des pays développés, leurs diverses stratégies d’action rejoignent une des deux logiques citées ci-dessus. Comment fabriquer une vache locale à partir de la vache globale ? Dans le chapitre 5, je suis les généticiens français du projet GENOSOUTH sur plusieurs terrains des pays émergents où ils s’impliquent en ambassadeurs d’une vache globale dont la valeur serait définie localement. Cette analyse est mise en perspective des multiples intérêts des acteurs locaux et donc d’une diversité de réponses possibles de la part des acteurs des pays développés qui déploient leurs forces de diplomatie bovine dans ces pays. Ainsi, les actions concurrentes des industriels de l’insémination artificielle qui promeuvent leurs standards nationaux de la vache sont également considérées sur le fond de ce chapitre. Cette diversité d’options et de logiques dans la construction de la

¹⁴ Pour ne pas réitérer ici le débat sur les dichotomies sémantiques et épistémologiques certes dépassées entre les pays développés et les pays dits en développement, les pays du Nord et les pays du Sud, les pays hégémoniques et non hégémoniques, j’invite le lecteur à consulter la littérature sociologique du courant post-colonialiste (cf. par exemple Rist 1996; Losego 2008; Losego et Arvanitis 2008; Dumoulin Kervran, Kleiche-Dray, et Quet 2017). La distinction que je fais ici tient au vocabulaire de mes acteurs et se rapporte à l’état du système de sélection bovine national dans les pays. Les pays en développement ou émergents sont ceux dont le dispositif de sélection et de production des ressources génétiques propres est en cours de construction ou de reconstruction.

vache locale est renforcée dans mon analyse du terrain de l’Afrique du Sud (chapitre 6). Des contrastes politico-économiques et agro-climatiques y créent un terrain favorable à l’application de la notion d’*interaction génotype-milieu*, tant promue par les généticiens pour tenir compte de l’ancrage de la valeur bovine dans un environnement local. Cet ancrage local devrait donc faire appel à la science globale de la génomique et impliquer la construction d’un dispositif d’une telle évaluation moderne localement. Néanmoins, les résistances des acteurs marchands et des éleveurs au développement de l’agencement bovin national sont fortes, car l’accès à un pool global de ressources génétiques leur facilite grandement la vie, bien contrainte économiquement et politiquement par ailleurs. Chacun fait sa propre sélection en adaptant les valeurs des animaux reproducteurs venant d’ailleurs à leurs propres besoins locaux.

Avec les acteurs des pays en développement et leurs démarches dans la mise en place de leur propre système de valeurs et de leurs dispositifs technologiques d’évaluation, la situation est très similaire à celle qui a amené à la création d’Interbull dans les années 1970, mais en plus complexe. L’enjeu est non seulement de créer ou de préserver la valeur de la vache locale, mais aussi de pouvoir, dans les conditions des circulations internationales des ressources génétiques, comparer ces valeurs entre elles pour des échanges marchands équitables et pour éviter les dominations de standards portés par des acteurs hégémoniques. Quelle sera la solution d’avenir pour réguler le marché des ressources génétiques au nom de sa durabilité ? Comment tenir compte de la partie non commodifiable de la ‘marchandise fictive’ (Stuart et Gunderson 2018) que sont les animaux ? Serait-il possible de tirer des leçons et d’éviter les dérives du marché des ressources végétales (Bonneuil et Thomas 2009; Bonneuil 2016) ? Et finalement, quelles sont les implications de mon analyse de la globalisation de la vache en tant qu’animal bovin pour l’animal humain ? Ces interrogations feront partie de la discussion qui conclut cette thèse.

Partie I

Vache moderne



Ceci n'est pas une vache.

* * *

Cette première partie de la thèse donne au lecteur l'occasion de rentrer progressivement dans le sujet en faisant connaissance avec son acteur et objet principal – la vache. Comprendre sa place dans notre société dite moderne signifie suivre des liens tissés durant tous ces millénaires de coexistence entre l'humain et le bovin. La vache est multiple. Ces implications sociétales dépassent largement les limites de son corps d'animal. Elle a toujours été porteuse de différentes valeurs que la société humaine a pu et su lui accorder. Comment alors ces valeurs peuvent-elles se croiser, coexister et interagir pour constituer ce que représente la vache d'aujourd'hui : objet scientifiquement connu, mesuré, connecté, participant à des procédés hautement technologiques et à des échanges économiques mondiaux ? La valeur à travers laquelle les animaux sont intégrés dans les dispositifs modernes de productions animales est leur *valeur génétique* définie à l'issue des procédés sophistiqués et scientifiquement fondés qu'on appelle *évaluation génétique*. Cette valeur s'inscrit dans la démarche du progrès génétique, au cœur de l'activité de l'élevage moderne. Elle représente une promesse objectivée par les chiffres d'un animal futur 'meilleur', plus performant, plus productif, moins coûteux en entretien, correspondant mieux à des exigences économiques de tout le système de production et de consommation dans lequel il est intégré.

Même si selon l'argument de Bruno Latour (1991), la 'modernité' est en quelque sorte une chimère, il est néanmoins intéressant et utile de réfléchir sur l'exemple de la vache si vraiment « l'avènement de la Science a rendu si difficile la saisie des autres modes d'existence [ou valeurs] » (Latour 2012, 10) ou si les activités scientifiques de métrologie « font apparaître simultanément, et sans les dissocier, des modes d'existence dont certains sont économiques et d'autres pas » (Callon 2009). Pour répondre à cette question, je vais, dans les chapitres qui suivent, déconstruire les notions de *valeur et d'évaluation génétiques*, propres à l'activité de la sélection animale, et présenter une perspective historique longue dans laquelle ces notions se forment. Elles participent à l'agencement (et aux réagencements) de nombreux éléments autour de la vache et viennent interroger ses différents modes d'existence dans notre société.

Le mot '*valeur*' lui-même a de multiples significations et interprétations. Sa polysémie et son implication sociétale font objet de nombreuses analyses en sciences humaines et sociales. L'approche « non normative » de la valeur (ou plutôt *des* valeurs) développée par Nathalie Heinich (2017) ne facilite pas l'intelligibilité cartésienne de la notion aussi multiple, mais

souligne à juste titre que le statut des objets auxquels on confère des valeurs est bien plus large et varié que ne le sont les choses en soi. Pour comprendre ce que représente le processus d'évaluation génétique, on suivra la distinction faite par Dewey (2011) entre *valuation* (dans le sens accorder de la valeur) et *évaluation* (dans le sens estimer, déterminer, mesurer). Tandis que le premier terme (*valuation*) est plus générique d'attribution de la valeur où le qualitatif, le moral et l'émotionnel tiennent une place centrale, le second (*évaluation*) reflète le processus plus concret et pratique où le rationnel, l'objectif et le quantitatif prennent le dessus dans la poursuite d'un objectif précis. En suivant Michel Callon (2009), j'associe à la notion d'évaluation « l'ensemble des opérations pratiques par lesquelles une valeur est associée à un bien » ou autrement dit une « mise en 'qualcul' [qualification par le calcul ou quantification - LC] d'une extrême complexité qui conduit à l'économisation et à la fixation dynamique des qualités » de la vache. Cette fixation dynamique des qualités des animaux producteurs est le sens même de l'activité de sélection ou d'amélioration génétique animale.

Chapitre 1

Vache durable : l'équilibre socio-bio-technique comme enjeu pour la durabilité de la sélection bovine

Toute activité humaine aspire à une durabilité. Celle de la sélection bovine date du Néolithique où l'auroch, ancêtre de la vache moderne, a été domestiqué. 10 000 ans d'ancienneté peuvent en effet lui procurer le statut d'activité qui dure. Mais dans ces quelques dernières décennies le paradigme du développement moderne est traversé par un doute généralisé : est-il durable ? Dans cette-même perspective, on peut se demander si la vache moderne, technicisée, portée à l'existence par l'idée seule du progrès et de la croissance économique sans répit, est durable. Dans le contexte actuel du ralentissement de la demande mondiale en produits d'origine animale (FAO 2018), face à la crise du lait qui traverse différents pays, l'industrie d'amélioration génétique des bovins, une activité de service connexe, auxiliaire à celle des productions laitières, et de ce fait moins visible, aspire elle aussi à sa durabilité propre et recherche des points de stabilisation.

Je propose donc, en utilisant des outils d'analyse STS, de considérer la sélection bovine comme un agencement de différents éléments dont un équilibre dynamique lui procure une forme durable. La considération de l'*agencement bovin* dans sa triple nature *socio-bio-technique* (Selmi et Joly 2014) me conduit à le représenter sous une forme interactive entre ces trois types d'éléments constitutifs des différentes valeurs par lesquelles la vache se définit en société. Dans l'épistémologie STS, une séparation et en même temps juxtaposition (à l'écriture avec des tirés) des composantes des objets étudiés est souvent utilisée pour rendre visible et explicite le rôle de certains éléments dans la construction des réseaux. Il est certes difficile de définir de manière univoque et de délimiter précisément les composantes sociale, biologique et technique. Dans le social j'inclue des éléments relatifs aux activités et relations humaines dans le sens classique du terme : professionnelles, politiques, économiques, etc. Ils correspondent alors à un ordre de valeurs culturelles, morales, politiques et économiques que les humains accordent traditionnellement à la vache et qu'ils (re-)négocient en permanence dans le cadre de leurs activités diverses. Le technique procure à la vache sa valeur d'objet de connaissance et de progrès technologique tout le long de l'histoire de l'élevage. C'est précisément cette valeur technoscientifique qui relie la vache à la modernité, du moins dans l'imaginaire professionnel du monde des productions animales. La nature biologique des organismes vivants est certes amenée à l'existence en société par l'activité scientifique, mais

les animaux ont leur ontologie naturelle propre dont une très grande partie n'est pas encore étudiée, ni décrite, ni maîtrisée. Dire qu'elle n'a pas de forme d'existence reconnue ne signifie pas pour autant qu'elle est inexistante. Représenter ces composantes par un diagramme de Venne (Fig. 1)¹⁵ permet justement de rendre visible la perméabilité de leurs frontières au-delà desquelles leurs interrelations ont un caractère d'enchevêtrement et d'interdépendance. Ainsi, il devient possible de rendre compte des déséquilibres systémiques, comme nous le verront à la fin de ce chapitre.

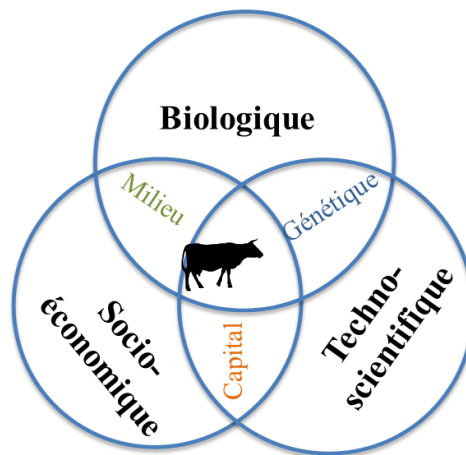


Fig. 1 Schéma interactionniste de l'agencement bovin comme agencement socio-bio-technique.

Les valeurs sociétales de la vache comme élément central de l'agencement sont représentatives des interactions dynamiques longues entre ces composantes. De multiples processus de valuation qui accompagnent le développement de l'élevage bovin à partir de la domestication de l'auroch constituent ce que j'appelle en m'inspirant de Latour (2012) les *modes d'existence*¹⁶ de la vache en société. Sans suivre une ligne chronologique linéaire et ayant bien en tête la coexistence de ses modes combinés dans l'ontologie de la vache dite moderne, le schéma proposé nous aide, comme disait Latour, « à comprendre l'émergence des modes, la fluctuation de leurs valeurs, les contrecoups que l'émergence de chacun a eu sur la saisie des autres » (p. 11). Ainsi, la *vache-milieu* (1) naît et existe à la confluence de sa nature biologique (intégrée dans un écosystème naturel avec lequel elle forme une unité) et de sa nature sociale (domestiquée par et co-évoluée avec l'homme devenu éleveur). La vache en

¹⁵ Ce type de schéma interactionniste est utilisé dans de nombreux domaines afin d'illustrer visuellement l'équilibre entre plusieurs composantes interconnectées d'un même phénomène étudié dont un des plus connus est certainement le Développement Durable conceptualisé dans le rapport Bruntland en 1987.

¹⁶ Les 'modes d'existence' latouriens permettent justement d'intégrer du point de vue analytique la notion de valeur au sein des réseaux/agencements sociotechniques en leur procurant ainsi des états intermédiaires relativement stabilisés et durables dans le temps.

tant que *capital* (2) apparaît avec et dans le sens premier du mot – « patrimoine, richesse, fortune » et évolue avec les moyens techniques et scientifiques qui participent à la transformation de sa valeur socio-économique. Enfin, la vache prend une existence *génétique* (3) lorsque les connaissances scientifiques se développent pour pénétrer au plus profond dans sa nature biologique en la décomposant au niveau moléculaire.

Le lecteur l'aura compris : il s'agit ici d'une vache en quelque sorte idéal-typique qui ne se définit qu'au travers de ses modes d'existence, eux-mêmes idéaux-typiques. Mais cette vache 'générique' dans son aboutissement 'moderne' a peut-être un nom : la Holstein. Même si ce nom est relativement récent, la race en trois quarts de siècle est devenue la race dominante sur le marché international de la génétique (environ 75% du total). Elle a su occuper également l'imaginaire des consommateurs ordinaires par son image présente littéralement partout : des emballages de lait en vente aux supermarchés aux boutiques de souvenirs touristiques en passant par les aires de jeu pour enfant (Fig. 2). C'est aussi la vache-modèle qui a testé sur elle toutes les innovations technologiques et organisationnelles liées à la modernisation de l'industrie animale. La Holstein, cette vache noir et blanc, est devenue un idéaltype bovin. Après avoir présenté au lecteur la vache-milieu, la vache-capitale et la vache génétique, ce premier chapitre fera rentrer la vache Holstein en scène dans sa dernière section afin d'illustrer la notion de race comme équilibre socio-bio-technique extrêmement fragile. Ensuite, elle nous accompagnera tout au long de cette thèse.



Fig. 2 Des représentations de la vache Holstein. De gauche à droite : une aire de jeu aux Pays-Bas, un 'magnet pour frigo' en Suisse, un paquet de bonbons en Nouvelle Zélande, une figurine dans une vitrine d'hôtel en Slovénie, pack de lait pour enfant commercialisé par McDonald en Russie.

1.1. Le milieu. De l'écosystème comme système écologique à l'écosystème comme système économique

"The economic environment becomes the human's primary ecology." (Murphy 2017, 10)

Les tentatives de définir le *milieu* remontent à des figures éminentes des sciences de la nature et de la philosophie comme Newton, Descartes, Buffon, Lamarck et bien sûr Auguste Comte qui en 1838 dans son *Cours de la philosophie positive* élabore toute une théorie biologique du milieu et le décrit comme « l'ensemble total des circonstances extérieures nécessaires à l'existence de chaque organisme » (Canguilhem 2015, 161). Le naturaliste Jakob von Uexküll (2010 [1956]) au siècle précédent distingue la notion du milieu de celle d'environnement par l'implication des liens que les organismes vivants établissent avec certains éléments de leur environnement en se créant ainsi leur propre milieu de vie et d'interactions. L'environnement y apparaît donc comme une notion plus large que celle du milieu. La définition qu'on peut trouver aujourd'hui dans le Dictionnaire de la langue française Larousse et qui se rapporte au domaine biologique est reformulée mais reste très similaire : « l'ensemble des facteurs extérieurs qui agissent sur un animal, une plante, une biocénose et auxquels les organismes doivent être adaptés pour survivre et se perpétuer. » Quel que soit le domaine de son application, physique, biologique, ou sociologique, le sens de la notion est très interactionniste. On note toujours ce lien intrinsèque entre l'organisme vivant considéré et son milieu. Même s'il y a des nuances sémantiques, les termes milieu, environnement, écosystème, écologie ou habitat peuvent souvent être considérés comme synonymes¹⁷. Nous verrons ici, comment la signification et la participation du milieu dans l'existence des animaux de rente change avec la technicisation et la capitalisation de l'agriculture et de l'élevage en particulier. Son sens d'*écosystème* sans vraiment changer de fond ni de forme effectue un glissement sémantique au niveau de sa petite composante 'éco-'. 'Eco-' d'*écologie* ou d'un système en équilibre régi par des interrelations et interactions entre ses éléments est devenu 'éco-' d'*économie* ou d'un système régi par les relations marchandes. Comme le postule Michelle Murphy dans son livre « The economization of life » (2017), « les pratiques de quantification ont aidé à l'installation de l'économie en tant que notre environnement collectif ». Je discute cet argument en lien avec les pratiques scientifiques de quantification de manière plus détaillée dans le chapitre suivant.

¹⁷ Nous verrons plus loin différents usages de ses termes en génétique quantitative notamment, mais je constate que les acteurs utilisent notamment indifféremment les mots 'environnement' et 'milieu'. Le premier a même tendance à remplacer le second de par l'influence du mot américain 'environment' dont l'usage est plus répandu en langue anglaise. J'emploierai donc ces termes indifféremment sauf indication spéciale.

1.1.1. L'unité animal-milieu

Tout être vivant, d'après les biologistes et les écologues, fait partie de et interagit avec l'écosystème de son habitat. Dans la nature sauvage, l'adaptation de l'organisme à un nouvel environnement se fait par la sélection naturelle et mène à des co-modifications progressives des deux.

L'auroch (*Bos primigenius*) (Fig. 3), l'ancêtre sauvage des bovins actuels est originaire de la partie sud du continent eurasiatique. Sa répartition progressive a formé deux principales populations interfécondes mais assez distinctes morphologiquement : *Bos taurus* qui a investi les zones Nord-Ouest du continent et *Bos indicus* qui s'est propagé dans les régions du Sud asiatique, notamment en Inde. Ce dernier, également appelé le zébu (« bosse » en tibétain) possède deux signes morphologiques particuliers (Fig. 4) : la peau ample, voire lâche sur le dessous du cou et une bosse au-dessus qui lui permettent un meilleur échange énergétique dans les zones chaudes du monde où il continue à évoluer et à participer dans des activités humaines. La bosse contient également une réserve de graisse, rendant le zébu plus résistant à un déficit d'alimentation comparé à des bovins du type *Bos taurus* qui ont évolué dans le contexte des régions moins chaudes (Fig. 5).

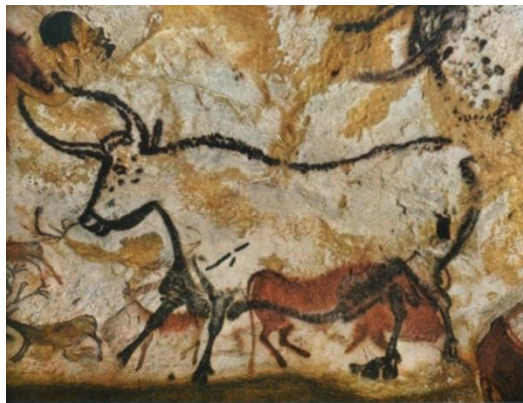


Fig. 3 L'Auroch de la grotte de Lascaux, 17000 avant JC



Fig. 4 Vache indienne, dessin de S. Gilpin (1733-1807). Source : Catalogue d'exposition « Cattle », The British Museum Press, 2011



Fig. 5 Taureau et vache européens. Peinture de S. Gilpin. Source : Catalogue d'exposition « Cattle », The British Museum Press, 2011

Cette évolution divergente en deux populations, d'après la thèse de Charles Darwin (1809-1882), se passe pendant la période du Néolithique en parallèle à l' « association symbiotique lente entre l'homme et les animaux » (Vissac 2002, 64). La mise en captivité, l'utilisation franche de ces animaux par l'homme à différentes fins (religion, transport, habit, alimentation, etc.) qui mènent à la capitalisation arrivent plus tard, mais sont toujours déterminées par le lieu de vie.

Bertrand Vissac (1931-2004), zootechnicien français ayant beaucoup travaillé sur la théorisation interdisciplinaire des enjeux de l'élevage bovin, pointe souvent dans ces travaux l'ancrage territorial fort des populations bovines dont « la sélection était intégrée aux pratiques agraires des sociétés locales » jusqu'au début du XIX^{ème} siècle. « Les populations animales, affirme-t-il, peuvent être considérées comme un reflet ou un indicateur bioculturel des relations entre une société et son territoire » (Vissac 1993).

Barbara Orland (2003), historienne des sciences, réitère cet argument en insistant sur ce lien entre l'animal, l'environnement et l'éleveur comme déterminant pour le développement de l'élevage moderne. Elle réfute ainsi l'idée que l'apparition de la vache hautement productive soit un résultat dû uniquement à la diffusion des connaissances scientifiques auprès des éleveurs. « Du point de vue du professionnel de l'élevage, dit-elle, la transformation qui a conduit au système agricole moderne, ne peut pas être due seulement à l'application de connaissances bien formulées. » (Orland 2003, p. 168). Pour elle, « au début du XX^{ème} siècle, toutes les catégories qui définissent les vaches d'aujourd'hui sont déjà établies » (p. 169). Il s'agit notamment de l'unité entre le sol, les cultures fourragères, l'animal et l'éleveur qui, d'après elle, n'a jamais traité ses vaches comme des machines malgré l'essor de la culture mécanistique du XIX^{ème} siècle qui a gagné les sciences de l'agriculture. « 'Localité' et 'identité' étaient alignées pour les humains et les animaux. L'élevage laitier représentait le savoir et les pratiques situés. [...] L'animal et ses produits étaient symboles du paysage donné. » (p. 170)

La diversité des populations bovines, dites prédarwinienne, étroitement liées aux conditions agro-climatiques, aux territoires, au savoir-faire local illustre le maillage très fin des milieux intégrant les animaux. Avec l'essor du darwinisme et de son application à l'élevage par une élite des paysans anglais (Robert Bakewell et les frères Collins pour nommer les plus connus) à la fin du XVIII^{ème} siècle, l'esprit de rationalisation des productions animales arrive progressivement à éluder l'unité animal-milieu ou plutôt à la maîtriser par des outils de nature technoscientifique. D'après l'historienne Emily Pawley (2016, p. 44),

Bakewell, en tant que créateur et promoteur principal de la méthode et de la pratique de la sélection rationnelle actif entre 1740 et 1790, « a fait la promesse que ses animaux [de la race Durham Shorthorn] peuvent être reproduits partout quel que soit l'endroit. »

1.1.2. Vache 'hors sol'

A partir du XXème siècle, le passage de l'agriculture à la culture industrielle, régie par la standardisation, la mesure et la prédiction ; le remplacement des pratiques locales par le réseau d'informations impersonnelles ; « des liens locaux entre le paysage, l'animal et les hommes par les institutions et leurs mécanismes de contrôle » (Orland 2003, p. 169) – tout cela (non exhaustivement) a conduit à l'industrialisation de la vache et de son milieu ensemble. L'animal-machine' devient un vrai rêve industriel (Cornu 2019). Pour l'Exposition Universelle de 1934 à Chicago, un robot-vache a été conçu traduisant ce rêve en projet concret (Fig. 6). C'était une copie de la vache Holstein américaine, telle une 'milk-machine' exemplaire de l'industrialisation extrême du vivant.



Fig. 6 La vache-robot meugle et donne du lait. Source : <http://blog.modernmechanix.com>

L'animal mis 'hors sol' devient partie intégrante des systèmes industriels de l'élevage. La technologie a remplacé le milieu naturel par le milieu industriel afin de maîtriser la production

laitière des vaches en la maintenant au niveau le plus élevé possible et en optimisant les circuits économiques, comme cela peut être illustré par un exemple récent d'une première ferme laitière créée sur l'eau aux Pays-Bas (Fig. 7).



Fig. 7 "Seventy percent of the face of the Earth is water, while the world population is growing and arable land is limited so we have to look in other ways to produce fresh food next to the citizens, to reduce transport," Minke van Wingerden, a partner at Beladon , told. Extrait de l'article publié sur le site d'information professionnelle www.dairyherd.com, consulté le 20/07/2019

La volonté d'optimisation réduit la vision du milieu aux modes d'alimentation des animaux (Minery 2016). Ainsi, deux principaux types de systèmes de production sont distingués: (i) la Ration complète en français ou le Total Mixed Ration (TMR) en anglais et (ii) le pâturage intégral¹⁸. Dans le premier, les vaches placées en stabulation dans un milieu fermé reçoivent une ration alimentaire standardisée à base des fourrages à haute valeur énergétique (typiquement, l'ensilage de maïs) et des apports élevés en aliments concentrés (typiquement, des tourteaux de protéagineux et des graines de céréales) élaborés pour optimiser, dit schématiquement, la transformation de l'aliment en lait. Dans le second cas, les capacités productives de l'animal sont contraintes par la quantité et la qualité de l'herbe disponible au pâturage qui changent en fonction des saisons et des conditions climatiques. Le premier système dit intensif, tel une usine clé-en-main, gagne du terrain au cours du XXème siècle

¹⁸ Il y a également des cas intermédiaires qui combinent le pâturage et la stabulation avec les aliments concentrés. En fonction des conditions climatiques cette mixité peut être appliquée soit toute l'année, soit par saison (le pâturage en été et le TMR en hiver)

dans le monde entier en véhiculant l'idée de la modernité régie par la maîtrise technologique totale de la nature. Le second type de production en pâturage intégral dit extensif est resté pendant longtemps dans les esprits des éleveurs industriels connoté à un mode d'élevage 'ancien', 'préindustriel' ou 'sous-développé'. Ces dernières années, on observe un retour au pâturage qui regagne littéralement le terrain car considéré comme plus économique et plus écologique même si ce dernier aspect reste discutable sur le fond. Les systèmes mixtes combinent en différentes proportions en fonction des conditions climatiques la pâture et la stabulation. D'autres systèmes totalement extensifs comme en Nouvelle Zélande ou en Irlande où l'on voit des milliers de vaches pâturer toute l'année sur d'immenses espaces herbagers misent plutôt sur la quantité d'animaux que sur la productivité de chaque animal. Cette approche est très différente du TMR, mais elle n'est pas pour autant moins 'industrielle'. Les vaches restent certes 'au sol', mais ce sol est souvent 'dénaturé'. Des parcelles tracées permettent de maîtriser la poussée d'herbe et sa consommation par les animaux. Des hautes technologies d'imagerie par satellite permettent une observation de la couverture herbagère à distance pour une prise de décision sur le déplacement du bétail d'une parcelle à l'autre (Fig. 8). L'alimentation en eau des parcelles est souvent artificielle, comme c'est le cas au Kazakhstan qui possède d'immenses terrains disponibles pour les troupeaux, mais où les ressources en eau sont très limitées. Et finalement, la 'dénaturation' du sol par le bétail lui-même a un impact écologique fort (Fig. 9). Le cas de la Nouvelle Zélande est souvent cité en la matière. L'élevage presque uniquement en pâturage y provoque des pollutions considérables des sols et des eaux par les urines d'animaux.

La vision réductrice de la notion du milieu comme système d'alimentation a participé, comme pour les plantes, à la réduction de la diversité génétique bovine. La diffusion de l'idée que les mêmes animaux peuvent être placés presque n'importe où tant que leur milieu (lire : leur alimentation) est maîtrisé, a été activement soutenue par des connaissances scientifiques et véhiculée par des innovations technologiques produites. De vraies usines clé-en-main de l'élevage bovin se sont implantées presque partout dans le monde à partir de la seconde moitié du siècle dernier. Standardisées, elles incluent généralement un grand 'hangar' équipé de dispositifs techniques de stabulation, d'alimentation et de traite, ainsi qu'un certain nombre de vaches sélectionnées de façon à être adaptées pour cet environnement technicisé (Figs. 10 et 11). Les aliments concentrés prêts à composer des rations normalisées (Fig. 12) viennent généralement de l'extérieur étant produits dans des usines aux procédés également standardisés.



(1)



(2)

Fig. 8 Le bétail en pâturage parcellisé en Nouvelle Zélande (1) et la technologie d'imagerie par satellite *SPACETM* (Satellite Pasture And Cover Evaluation) proposée aux éleveurs pour évaluer à distance l'état de couverture herbagère des parcelles.



Fig. 9 Le 'terrassment' des collines par le passage du bétail en pâturage.



Fig. 10 Vaches laitières en stabulation. Une ferme laitière en France.



Fig. 11 Les appareils de traite. Image de gauche : ferme laitière de 150 vaches en France. Image de droite : ferme laitière de 2000 vaches en Afrique du Sud

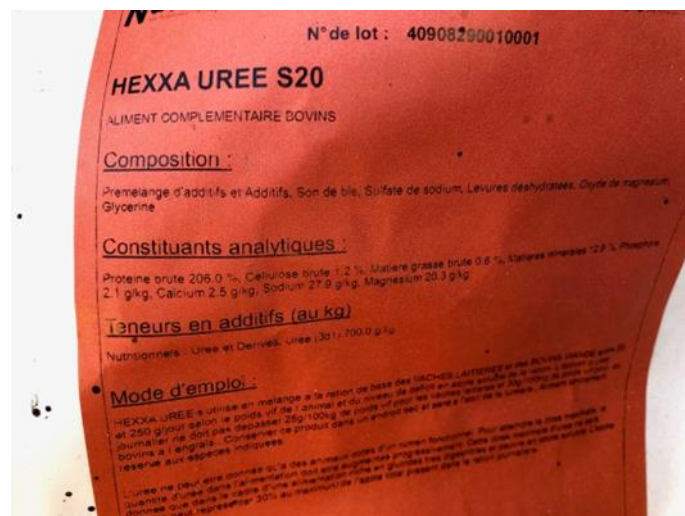


Fig. 12 Etiquette sur le sac d'aliments concentrés avec la composition et le mode d'emploi. Ferme laitière en France

L'amélioration massive de la productivité individuelle des vaches en un siècle, notamment grâce à ces avancées technologiques, démontre des résultats incroyables et inespérés encore au milieu du siècle dernier. La production laitière moyenne de 2500 litres par vache et par an dans les années 1930 est passée à 9000 ou 10000 litres dans les années 2000 pour les races les plus fortement 'améliorées' comme la Holstein. Néanmoins, les coûts, aussi bien économiques qu'écologiques, de la maîtrise de l'environnement pour une meilleure productivité ont été très peu pris en compte. Les conséquences se font ressentir actuellement dans les conditions du changement climatique et de la crise du lait perceptibles au niveau mondial. En Afrique du Sud dans la zone centrale du pays, très aride et peu propice à l'agriculture, les fermes laitières du type TMR se sont installées en masse au cours du siècle précédent. Les sécheresses de plus en plus sévères et à répétition depuis plusieurs années ont provoqué la disparition de plusieurs fermes qui ne pouvaient plus tenir économiquement compte tenu notamment des coûts d'achat des aliments pour les animaux, des investissements de plus en plus lourds dans les pompes à eau et de la baisse des prix du lait sur le marché. André Micoud (2003), sociologue déjà cité, prend la vache « technicisée », « hors sol » et artificiellement nourrie comme point de passage obligé pour son analyse de la crise de la 'vache folle' survenue dans les années 1990 et prévient : « le système technique dont la vache constitue un des éléments finit par produire des effets bien au-delà de ce qui était imaginable. »

1.1.3. Le milieu comme contrainte pour le marché

Très tôt dans le développement de la sélection bovine industrielle et de son internationalisation, les éleveurs qui font venir le bétail d'autres pays et régions, éprouvent une certaine insatisfaction concernant le résultat, ce dont témoignent les historiens spécialistes du monde agricole. Bertrand Vissac (2002) en s'appuyant sur le travail historique de Nicolas Russel (1986) parle des premières tentatives d'adoption de la race anglaise Durham Shorthorn en France au début du XIX siècle :

« Les animaux de race Durham, appréciés en Angleterre pour leur adiposité, sont insuffisamment laitiers, inaptes au travail et requièrent une alimentation soignée. Ils se révéleront vite non conformes ni aux habitudes alimentaires des Français ni aux capacités d'élevage des paysans français. » (pp.110 et 112)

La promesse faite par les créateurs de cette race concernant la possibilité de reproduction des animaux à l'identique quel que soit le milieu, ne s'est réalisée que partiellement. Si techniquement c'était possible, en pratique elle a rencontré une contrainte du sens plus large du 'milieu' qui inclue non seulement l'environnement physique dans lequel les animaux sont élevés mais aussi les pratiques et les traditions culturelles des éleveurs qui varient d'un endroit à un autre.

Aussi pour Barbara Orland (2003), l'historienne de l'élevage dans la région de l'Allemagne du sud et de la Suisse,

« [...] l'expérience pratique en matière d'importations a été décevante. Plutôt que de profiter d'une augmentation de la production laitière, les agriculteurs [...] étaient confus et insatisfaits. L'incertitude quant aux mérites respectifs des races renommées de bovins laitiers a clairement montré que l'élevage était un mystère, même pour les fermiers qui réussissaient. Juger les capacités d'un animal sur la seule base de l'ascendance semblait inadéquat pour créer de nouvelles races et avoir une ferme laitière prospère. » (p. 174)

Que ce soit pour des raisons liées à des traditions culturelles dans lesquelles les animaux importés ne s'inscrivaient pas pleinement, ou pour des raisons de productions inférieures par rapport aux attentes de l'acheteur, ces constats révèlent un lien fort et implicite entre l'animal vivant et son milieu qui doit être pris dans le sens large du terme : de l'effet qu'il produit sur la physiologie et donc sur la performance productive de l'animal aux contextes culturel, politique et économique du pays/région qui encadrent les productions agro-alimentaires.

A partir du milieu du XX^{ème} siècle, une vague de 'holsteinisation' a gagné l'Europe. La première vache spécialisée en production laitière et fortement sélectionnée sur le critère de production et de conformation de la mamelle est arrivée des États-Unis là où le besoin en produits animaux dont le lait était très grand dans les années de l'après-guerre. La vache Holstein a donc été accueillie à bras ouverts dans la perspective d'amélioration des troupeaux dans les pays européens. Le témoignage d'un généticien français sur le début de l'expansion de la Holstein révèle le focus sur quelques caractères particuliers qui correspondent aux priorités du moment:

« La Holstein, quand elle est arrivée, étonnait beaucoup les gens par sa productivité et par son adaptivité aux systèmes de production de l'époque. En particulier, elle valorisait bien l'ensilage de maïs qui était un fourrage qui se développait énormément dans les années 80. Et puis, elle avait une conformation de mamelle extraordinaire, tandis que toutes les races françaises avaient des conformations vraiment très mauvaises. Du coup, elle était vraiment très facile à traire. Les problèmes sont arrivés beaucoup plus tard : la sensibilité aux mammites, la baisse de fertilité... Au moment de l'importation, on n'a vu que des qualités. »
(entretien JCM)

Comme suggère ce témoignage, invisibilisés dans l'immédiat, d'autres critères peuvent se manifester plus tard, en prenant de l'importance économique et en révélant ainsi des défauts des animaux importés.

Même à l'époque dite 'moderne' où l'environnement est maîtrisé par des solutions technologiques ad hoc, où des méthodes scientifiques d'évaluation des animaux basées sur le génome sont développées au service du marché de la sélection, la nature biologique des animaux vivants continue à réserver des 'surprises' en contredisant la valeur prédite de l'animal commercialisé. Au Kazakhstan, en Russie, en Afrique du Sud, j'ai eu des témoignages sur des cas de mort du cheptel importé, sur des niveaux de production bien en-deçà des promesses faites par les vendeurs, sur une baisse considérable de la fertilité, sur les coûts exorbitants d'entretien des animaux, sur une qualité de lait insatisfaisante, etc.

Mais le commerce international ne s'arrête pas pour autant. Bien au contraire, la globalisation de certaines races comme la Holstein suit son cours. Dans le contexte du marché globalisé dominé par l'esprit néolibéral, le milieu et sa prise en compte dans l'estimation de la valeur génétique des animaux commercialisés devient une matière politique, négociable et sujette au compromis entre les acteurs scientifiques et économiques. Subissant des pressions économiques aussi bien internes qu'externes, certains pays développent des politiques d'importation du bétail sur leurs territoires en se basant sur les calculs savants de la valeur génétique hors contexte. C'était le cas des pays européens dans la seconde moitié du siècle précédent. C'est le cas de nombreux pays actuellement. En 2011 au Kazakhstan, - non sans pression des compagnies canadiennes commercialisant la semence des taureaux-reproducteurs - le programme gouvernemental d'amélioration du cheptel établit comme priorité l'importation de bovins du Canada, la justifiant par des critères purement géo-climatiques de similarité entre les zones de steppes présentes dans les deux pays. L'Inde quant à elle, se base

sur des standards internationaux des pays occidentaux pour définir en 2013 le seuil réglementaire pour l'importation des reproducteurs bovins laitiers à 10 000 litres de lait en valeur productive estimée, ignorant qu'un tel résultat est inatteignable dans des conditions du pays. En Afrique du Sud, les grandes fermes TMR fonctionnant sur le modèle technologique nord-américain continuent à importer de la génétique Holstein des États-Unis malgré le fait que les habitudes alimentaires de la population ont changé. La population majoritairement noire et peu tolérante au lactose privilégie des produits laitiers riches en matière grasse qui ne constitue pas le point fort des vaches Holstein américaines.

1.2. Le capital. De l'animal comme bien au progrès comme marchandise

Le mode d'existence de la vache en tant que capital évolue avec le glissement de sens du mot 'capital' lui-même, ce dont témoignent de nombreuses traces linguistiques. La monétisation du capital et la quantification de la production bovine vont de pair dans le processus d'économisation (dans le sens que donne à ce mot Michelle Murphy (2017)¹⁹) de la vache. L'application de la culture productiviste à l'agriculture et notamment à l'élevage valorise la croissance économique qui devient un impératif mesurable et ses indicateurs chiffrés rétroagissent sur l'animal qui devient de fait l'objet de la politique du progrès. L'amélioration des animaux se constitue déjà en XIXe siècle en marché à part avec l'activité des premiers sélectionneurs anglais et la diffusion progressive de cette activité dans d'autres pays. Elle prend la forme du marché du 'progrès' qu'on appellera plus tard 'génétique'. En attendant, la connaissance sur les mécanismes d'hérédité progresse et les éleveurs anglais contemporains de Darwin et de sa théorie d'évolution par sélection naturelle appliquent certaines de ses découvertes à la sélection artificielle. « Une poule n'est que le moyen pour un œuf de faire un meilleur œuf, » comme l'a formulé Siddhartaha Mukherjee (2017, p. 83) pour décrire l'état d'esprit du moment dans son livre sur l'histoire de la génétique « Il était une fois le gène ».

1.2.1. Une tautologie (presque) disparue

L'étymologie des différents termes de l'élevage dans de nombreuses langues témoignent du lien important entre les animaux et la richesse. La notion du « capital mobilier », de la « fortune qui marche » est apparue très tôt dans la société pastorale indo-européenne en

¹⁹ Pour plus de détails, cf. l'introduction au chapitre 2

laissant des traces linguistiques pour ainsi dire très parlantes (Benveniste 1987). ‘Cattle’ en anglais et ‘cheptel’ en français ont la même origine que le mot ‘capital’. Au Moyen Age, les mots modernes ‘cheptel’ et ‘capital’ sont encore réunis dans le mot de l’ancien français ‘chatel’ ou ‘chetel’ signifiant « bien, patrimoine ». Dans les langues slaves le mot ‘skot’ (« bétail ») a également une signification originelle d’ « argent, fortune ». Le terme anglais ‘livestock’ est aussi très illustratif. Apparue au XVI siècle, il prend une signification littérale cumulée de ses deux composantes ‘live’ et ‘stock’: « réserve, dépôt, épargne du vivant pour usage et profit ».

Le lien intrinsèque entre le bétail et le capital est lié à la capacité des animaux à rendre différents services à l’homme : comme objets et instruments de rituels religieux, comme force de travail (tractation, transport, labour etc.), comme source de matière première pour la fabrication de différents objets (vêtements, chaussures, mobilier, récipients etc.) et bien sûr comme source de denrées alimentaires (lait, viande et leurs dérivés). Mais encore plus important est l’aptitude des animaux à se reproduire. Le capital peut croître, s’auto-proliférer et son propriétaire peut ainsi s’enrichir.

Disparues avec l’industrialisation, certaines formes de capitalisation revisitées par le paradigme de la société post-industrielle dont l’économie est dématérialisée par les technologies d’information (voir par exemple, Cohen 2006), reviennent aujourd’hui dans le monde des bovins. Notamment, l’idée d’une capitalisation distancée, qui date du Moyen Age lorsque le capital et le bétail ne faisaient qu’un, soutient qu’il n’est pas toujours obligatoire d’être agriculteur, éleveur ou sélectionneur de bovins pour tirer profit du capital-cheptel. On peut investir dans un troupeau que d’autres professionnels gèrent et en recevoir des dividendes. Similaire à l’investissement en immobilier, l’investissement en cheptel se place certes à la marge du monde de la finance parmi des investissements qui se disent ‘originaux’. On peut donc acheter des vaches qui sont ensuite gérées par une société qui en fait son métier (par exemple, Association Française d’Investissement en Cheptel en France). Elle les loue à des agriculteurs et le bénéfice est partagé à trois. D’ailleurs, « le rendement n’est pas comptabilisé en euros mais en têtes de bétail ! », rapporte le site la-loi-pinel.com²⁰. En revanche, « les investisseurs ne voient pas leurs vaches: ce sont des actions, on ne sait pas où elles sont,» témoigne un des adhérents à cette forme de financiarisation du cheptel.²¹

²⁰ <https://www.la-loi-pinel.com/actualites/investir-cheptel/>, consulté le 10/12/2018. La loi n° 2014-626 du 18 juin 2014 dite Loi Pinel a pour objectif de soutenir une offre commerciale et artisanale diversifiée sur le territoire français en favorisant le développement des très petites entreprises.

²¹ <http://www.lefigaro.fr/placement/2014/03/01/05006-20140301ARTFIG00081-investir-dans-une-vache-est-devenu-un-placement-juteux.php>, consulté le 10/12/2018

Ces investissements virtuels en cheptel peuvent aussi avoir des objectifs de causes ‘morales’. Une plateforme sud-africaine *Livestock Wealth*²², se spécialise en ‘crowdfarming’ et se positionne comme outil moderne au soutien de l’élevage traditionnel africain par investissement commun en « walking banks [...] just like it has always been in Africa, » selon les paroles de Ntuthuko Shezi, fondateur et président de cette entreprise.

Par ailleurs, le géant mondial de produits laitiers, le Groupe Danone, via sa sous-marque de produits biologiques ‘Les 2 vaches’ qui a « le souci du bétail » propose de parrainer des vaches pour qu’elles aient une vie meilleure. Ici, la contribution et la rétribution ne sont pas financières, mais morales et informationnelles. Le contribuant avec son ‘investissement’ pour le bien-être animal partage ses données personnelles et celles de ces amis (en fonction de la formule choisie) en échange d’une lettre publicitaire et d’une possibilité d’être tiré au sort pour visiter la ferme avec ses vaches filleules²³.

Si l’on croit l’exposition organisée par The British Museum à Londres en 2011, les États ont également recommencé depuis peu à faire figurer l’image des bovins sur des supports monétaires. Cette représentation disparue depuis l’époque du Moyen Age revient dans les devises nationales rendant de nouveau hommage à la valeur capitalistique de la vache et du taureau (Fig 13).



Fig. 13 Les représentations du bétail sur les supports monétaires à différentes époques par différents États.

- (1) Une pièce d’argent, Grèce Antique, 500-480 avant JC. (2) Aureus d’or, Empire Romain sous l’Empereur Vespasien, Ier siècle. (3) Une pièce de cuivre, Empire Romain sous l’Empereur Julian, Ier siècle. (4) Une pièce d’or, Inde sous Empereur Jahangir, XVII siècle. (5) Le spécimen de billet de 500 francs mis en circulation au Cameroun au milieu du XXe siècle. (6) Une pièce de 5 pences, Irlande, 2000. (7) Une pièce d’un euro, Lettonie, 2016. (8) Le billet de 100 rands, Afrique du Sud, 1999.

²² <https://www.livestockwealth.com> (consulté le 30/04/2019)

²³ <https://www.les2vaches.com/parrainage-des-vaches> (consulté le 30/04/2019)

Source : le catalogue d'exposition « Cattle », The British Museum Press, 2011 (sauf la 7, photographiée par l'auteur)

Pour autant, le retour de l'honorable 'vache-capital' en société est dur (est-il réellement possible ?). De nouveau, les traces linguistiques en témoignent. Les expressions « cash cow », « milk cow », « vache à lait » désignent un profit facile et s'utilisent plutôt dans un sens péjoratif. Le mot désignant la vache en différentes langues a pris bien des sens négatifs faisant référence à son caractère bête et méchant (« to cow », « c'est vache ») ou à l'apparence d'un animal corpulent et maladroit (il s'utilise notamment pour caractériser une grosse femme). Les paysans-éleveurs sont vus comme des 'ploucs' si leurs fermes ne sont pas des usines à la pointe de la technologie moderne²⁴.

Une référence symbolique de la vache comme capital est utilisée également comme moyen simpliste pour expliquer aux étudiants en économie le mécanisme des échanges rudimentaires pré-monnaies (troc). Ce sont ces cours d'introduction en théorie économique (Economics 101) qui donnent l'inspiration à la fameuse série d'anaphores 'vous avez deux vaches...' pour éclairer avec humour et sarcasme tous les '-ismes' des régimes politiques et économiques dans le monde. La vache y représente un capital qui est 'géré' différemment en fonction des régimes (Encadré 1)

ANARCHIE Vous avez deux vaches. Soit vous les vendez au juste prix, soit vos voisins tentent de vous tuer pour s'en emparer.

BUREAUCRATIE Vous avez deux vaches. D'abord, le gouvernement établit comment vous devez les nourrir et les traire. Puis il vous paie pour ne pas les traire. Après quoi, il les prend toutes les deux, en tue une, traite l'autre et jette le lait. Finalement, il vous oblige à remplir des formulaires pour déclarer les vaches manquantes.

CAPITALISME Vous avez deux vaches. Vous en vendez une et achetez un taureau.

COMMUNISME Vous avez deux vaches. Vos voisins vous aident à vous en occuper et vous vous partagez le lait.

COMMUNISME RUSSE Vous avez deux vaches. Vous devez vous en occuper, mais le gouvernement prend tout le lait.

DÉMOCRATIE PURE Vous avez deux vaches. Vos voisins décident qui prend le lait.

²⁴ <http://www.porelia.com/elles-nous-prennent-pour-des-ploucs> (consulté le 30/04/2019). Cette tendance est en train de s'inverser notamment en France, mais persiste à plein d'autres endroits dans le monde.

DÉMOCRATIE REPRÉSENTATIVE Vous avez deux vaches. Vos voisins nomment quelqu'un pour décider qui prend le lait.

DÉMOCRATIE AMÉRICAINE Le gouvernement promet de vous donner deux vaches si vous votez pour lui. Après les élections, le président fait l'objet d'une procédure d'*impeachment* pour avoir spéculé sur les obligations bovines. La presse rebaptise le scandale "Cowgate".

DÉMOCRATIE ANGLAISE Vous avez deux vaches. Vous les nourrissez à la cervelle de mouton et elles deviennent folles. Le gouvernement ne fait rien.

DÉMOCRATIE DE SINGAPOUR Vous avez deux vaches. Le gouvernement vous inflige une amende pour détention non autorisée de bétail en appartement.

DICTATURE Vous avez deux vaches. Le gouvernement les prend toutes les deux et vous fait fusiller.

FASCISME Vous avez deux vaches. Le gouvernement les prend toutes les deux, vous emploie pour vous en occuper et vous vend le lait.

FÉMINISME Vous avez deux vaches. Elles se marient et adoptent un veau.

FÉODALISME Vous avez deux vaches. Le seigneur s'arroge une partie du lait.

POLITIQUEMENT CORRECT Vous êtes en rapport (le concept de "propriété" est symbole d'un passé phallocentrique, va-t-en-guerre et intolérant) avec deux bovins d'âge différent (mais néanmoins précieux pour la société) et de genre non spécifié.

RÉGIME MILITAIRE Vous avez deux vaches. Le gouvernement les prend toutes les deux et vous enrôle dans l'armée.

Encadré 1. Source : Courrier International, 16/08/2012

Ce que la vache perd avec l'industrialisation de l'élevage est son lien social, comme le fait remarquer André Micoud (2003). Une vache technicisée, quantifiée et virtualisée n'est plus connectée à son territoire. Son lait est racheté par des entreprises de transformation qui l'introduisent dans les chaînes de distribution globale. L'économie, devenue notre environnement collectif à tous (Murphy 2017), domine dorénavant le mode d'existence de la vache également. Le glissement de sens du mot 'capital' de « la fortune vivante » vers « le bien marchand » a accompagné le changement du statut de l'animal vers son rôle au pire de

machine et au mieux d'ouvrier ou de 'collaborateur' de l'éleveur dans l'activité de production (Porcher et Schmitt 2010).

1.2.2. Lait de vache... vache de ferme...²⁵ L'«enfermement» des productions laitières

Aliment dont l'on ne sait plus la réelle valeur nutritive pour l'homme, tant la science et nos croyances divergent au sujet de ses effets sur la santé humaine, le lait occupe néanmoins une place importante dans nos régimes alimentaires depuis des siècles. Autoconsommé au sein des petites exploitations vivrières traditionnelles ou bien commercialisé par des industries multinationales, le lait reste un *produit*, c'est-à-dire détourné de sa raison naturelle vers une raison humaine (Vatin 1996).

La production laitière devient une activité agro-alimentaire à part entière en même temps que la vache change de statut sociétal en passant de l'animal dit domestique à l'animal dit de ferme. Le mot *ferme* dans le sens d'exploitation agricole, comme son étymologie l'indique, porte une unité sémantique qui me paraît importante de rappeler. Il s'agit d'exploitation économique de la terre et de ses ressources qui est séparée du sens de propriété. Une ferme est une convention socio-économique à valeur juridique entre le propriétaire et l'exploitant. Le 'fermier' (à la différence du paysan) devient professionnel et doit payer un loyer au propriétaire terrien. Même si avec le temps, le sens du mot 'ferme' s'élargit et les agriculteurs/éleveurs peuvent aussi être propriétaires de leurs terres, l'activité de production de lait devient une activité économique non plus pour satisfaire les besoins alimentaires de l'éleveur, mais pour dégager un revenu de l'activité de production. Les animaux ainsi 'enfermés' deviennent une partie intégrante du système de production laitière dont la technicisation accompagne son expansion mondiale.

Même si toutes les cultures du monde n'ont pas les mêmes modes de perception ni de consommation des produits laitiers, le lait devient un 'produit global' notamment avec la politique du développement aussi bien coloniale que post-coloniale (Napoleone, Corniaux, et Leclerc 2015; Pinaud 2016). D'une part grâce à des technologies de transformation et d'autre part à la politique de quantification aussi bien des besoins alimentaires humains que des caractéristiques nutritionnelles du produit, le 'lait du développement' prend sa place dans les débats sur la mondialisation et ses effets positifs et négatifs. La politique coloniale aux XIXème et XXème siècles a largement contribué à l'expansion de la culture alimentaire occidentale des produits laitiers au niveau mondial (Vatin 1996). La politique de la sécurité

²⁵ Extrait de la chanson d'enfant « Trois petits chats » inspirée du jeu des 'queues'.

alimentaire mondiale à la fin du XXe - début XXIe siècle en a pris la suite dans la promotion de l'importance de productions laitières dans le monde au nom de la réduction de la pauvreté (Pinaud 2016). Comme nous le rappellent Purseigle, Nguyen et Blanc (2017, p. 13), « durant la deuxième moitié du XXe siècle, l'essor du capitalisme agricole est intimement lié à la consécration d'un modèle universel, celui de l'agriculture productiviste adossée à une industrie alimentaire en plein développement technologique et promue par des politiques de modernisation des structures. Sous la pression d'un puissant mouvement de fond, les exploitations paysannes doivent s'appropriier des avantages technologiques de l'industrie et de l'économie du marché.» Les traditions de l'élevage évoluent en laissant de plus en plus de place à la culture de compétition jouée dans et par des fermes industrialisées hautement technologiques dont les systèmes de production deviennent de plus en plus standardisés, y compris les animaux 'hors sol' qui en sont partie intégrante, pour répondre à la demande elle-même standardisée : augmenter la production. Purseigle, Nguyen et Blanc (2017) mettent en lumière l'émergence et l'expansion rapide d'un modèle relativement nouveau dans la production agricole – celui de *ferme-firme*. Même si les petites et moyennes exploitations agricoles familiales restent prédominantes au niveau mondial et se révèlent d'une incroyable diversité, une agriculture de firme s'installe dans le paysage agricole à partir de la fin du XXe – début du XXIe siècle non seulement dans les pays dits développés mais également dans ceux qui jusqu'à récemment étaient considérés comme des fiefs de l'agriculture de subsistance. Ce modèle porté par « les mécanismes d'abstraction du capital, de financiarisation et de délégation » (Hervieu 2017, p. 9) participe à la globalisation marchande des productions agricoles. Dans les productions animales, les cours du lait, au même titre que d'autres matières soumises à la financiarisation font partie de l'actualité économique mondiale et sont suivis attentivement non seulement par des économistes et des traders, mais aussi par un bon nombre d'éleveurs laitiers des différents pays pour affiner leurs stratégies de conduite de troupeaux et d'investissements financiers et technologiques.

Même si le paradigme 'développementaliste' est critiqué depuis déjà un certain temps (Rist 1996), les 'besoins' de technologisation, d'accroissement et d'accélération des productions restent toujours bien présents dans les discours et les actions des politiques agricoles. Les statistiques et les estimations sur l'activité du secteur laitier sont abondantes (exemple : Fig. 14). Globalement tous s'accordent sur la poursuite de la croissance.

« Dans les secteurs de la viande et des produits laitiers, la croissance de la production devrait reposer à la fois sur l'augmentation de la taille des troupeaux et sur une

production par tête plus élevée. » (Perspectives agricoles de l'OCDE et de la FAO 2017-2026, p. 18)

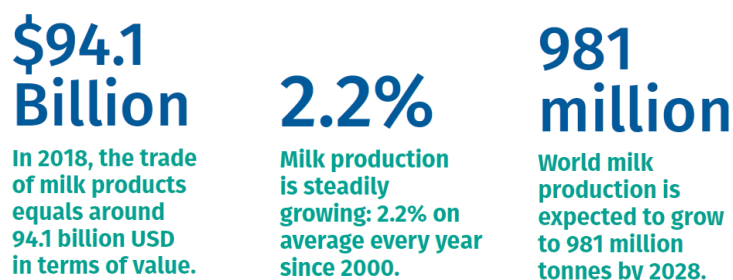


Fig. 14 Source : International Dairy Federation, Annual Report 2018-2019

1.2.3. Vaches et taureaux dans le système industriel. Performances et progrès

« *CAPITALISME* Vous avez deux vaches. Vous en vendez une et vous achetez un taureau... » (cf. Encadré 1)

La suite varie en fonction des sources, mais l'essentiel y est : pour augmenter le capital productif de la vache, il faut un taureau. Le linguiste Emile Benveniste (1987) parle d'une séparation très nette des notions « mâle » (physique) et « reproducteur » (fonctionnelle) déjà au niveau de la langue indo-européenne. C'est cette seconde notion qui s'est développée en créant des liens linguistiques avec la notion de « richesse ». Le taureau-reproducteur est devenu *in fine* l'objet principal d'investissement dans l'élevage.

Cette distinction des sens tient toujours. Depuis la doctrine de Bakewell (Angleterre, fin XVIIIe siècle) qui marque le début de la 'modernité' dans les productions animales avec le culte de rationalisation industrielle, les zones d'existences respectives des vaches et des taureaux sont bien séparées. Les vaches assurent la fonction de production et les taureaux celle de reproduction du capital. Appartenant au même monde des bovins, les mâles et les femelles ne se voient que très rarement, voire jamais, comme dans les systèmes occidentaux de production laitière où la pratique d'insémination artificielle s'est généralisée.

Jocelyne Porcher, une chercheuse à l'INRAE, était parmi les premiers à inclure pleinement les animaux dans ses recherches en sociologie et à intégrer ainsi le champ d'Animal Studies. Elle analyse la place des animaux en société au travers du concept du travail qu'on a traditionnellement appliqué à l'humain (Porcher 2004, 2007 ; Porcher et Schmitt 2010). Dans

les systèmes industriels des ‘productions animales’ (qu’elle distingue par rapport à ‘l’élevage’), l’animal, dit-elle, « n’existe pas : il n’est que machine productive, chose produite ou élément indifférencié du flux qui irrigue le système pour créer du profit. » « À l’instar du concept de travail humain, poursuit-elle, fondé sur une représentation mécanique de la ‘machine humaine’, la construction de la zootechnie comme ‘science de l’exploitation des machines animales’ s’appuie sur les notions d’énergie et de rendement. » Une telle conception industrielle de l’animal est regrettable, d’après elle, notamment parce que « le lien social très particulier élaboré par l’élevage, c’est-à-dire le lien de travail entre humains et animaux, » se perd (Porcher et Schmitt 2010, 236-38). Sur ce point, elle rejoint André Micoud (2003) qui dans son récit très poétique sur la vache ‘technicisée’ regrette sa disparition de nos paysages pour intégrer les systèmes industriels. Selon l’expression de l’historien Pierre Cornu, la question de ‘l’âme’ dans cette nouvelle conception de l’animal-machine « commence à ressembler singulièrement à ‘l’esprit du capitalisme’ » (Cornu 2019).

La notion chère au monde industriel est celle de la *performance* qui réunit justement les notions d’énergie et de rendement dont parle Jocelyne Porcher. Les ‘machines animales’ n’existent dans les unités de production qu’à travers leurs performances où elles doivent démontrer à chaque instant des résultats exceptionnels. Et comme le pointent plusieurs travaux en différents domaines (Pollock et Williams 2007; Aggeri 2017; Guérard, Langley, et Seidl 2013; Féral 2013; Muniesa et Callon 2008), la performance est performative. Cela veut dire que chacune de ces démonstrations ‘agit’ sur la réalité. Dans le cas des vaches laitières, la performance signifie tout ce que les vaches ont et font en lien avec leur rôle de production : quantité de lait produit, sa qualité, une conformité de la vache à un standard de race vu comme un paramétrage industriel. Notées et mesurées, ces performances sont automatiquement supposées être améliorées à la fois suivante. Cette notion du progrès permanent est le moteur de la croissance économique dans le monde industriel. Dans les productions bovines, c’est là que le taureau rentre en jeu. C’est lui le porteur du progrès dit génétique.

Dans les publications de la revue *Holstein International*, nous lisons la caractéristique d’un des taureaux:

« La popularité de Bandicoot ne cesse de croître, et s’il confirme ses chiffres en août, elle continuera certainement à croître. C’est ce qu’attend Francesco Veronese

*d'Intermizoo*²⁶. (...) *Les filles de Bandicoot ont une stature supérieure à la moyenne, mais selon Veronese, elles sont bien équilibrées et ont une largeur suffisante à l'avant. Veronese: 'Si vous regardez son profil linéaire, aucun défaut ne peut être trouvé. Beaucoup de taureaux modernes ont des pointes des fesses hautes, des trayons courts ou des pattes droites. Bandicoot n'a aucun de ces problèmes. Il transmet des mamelles adaptées aux robots. Il induit également des vélages faciles.'* » (Wesseldijk 2019)

Les taureaux-reproducteurs sont sélectionnés en fonction de et pour les performances de leurs filles - les vaches-productrices. Le taureau se trouve ainsi sur le chemin circulaire de la performativité des performances productives des vaches. Et sa performance à lui est d'inséminer le plus de vaches possible en disséminant ainsi le progrès génétique à travers sa descendance.

Les traditions de concours et de ventes aux enchères apparues en Angleterre et diffusées dans le monde, représentaient (et représentent encore dans certains pays, notamment en Afrique du Sud) des lieux de démonstration de performances que ce soit pour les vaches ou pour les taureaux (Fig. 15). C'est là que se joue l'interaction sociale entre les humains et entre ces derniers et les animaux. C'est là que des conventions s'établissent en matière de standards, de critères d'évaluation, de prix et de progrès (Grasseni 2005). Depuis la mise en place des méthodes de qualification des animaux par calcul, ces espace-temps de valuation (Dewey 2011; Antal, Hutter, et Stark 2015), se déplacent vers les centres de calcul où ils se virtualisent et s'élargissent à l'infini. Les calculs n'ont plus vraiment besoin d'un moment dédié, ils peuvent se réaliser n'importe quand tant que les serveurs remplis de données et dotés de haute capacité de traitement sont en marche (Fig. 16). Les concours deviennent des événements plus rares et plus symboliques que réellement opérationnels dans la construction de la valeur de l'animal dit 'moderne' qui disparaît du champ visuel de l'évaluateur.

²⁶ Centre de production de semence bovine (Italie)



Fig. 15 Concours régional de la Holstein en Afrique du Sud, 2017

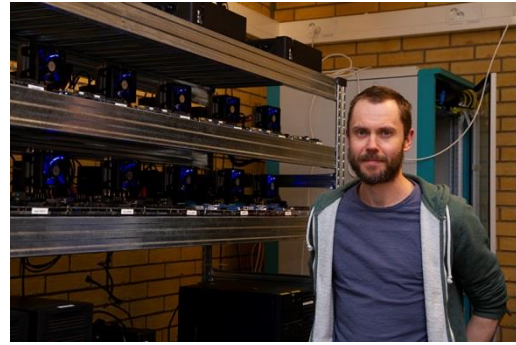


Fig. 16 Un des informaticiens posant devant le serveur du centre de calcul Interbull, Suède, 2016

Chez les taureaux, ces concours ont fait naître le phénomène appelé dans le milieu professionnel le ‘star system’, tel un culte des meilleurs taureaux reproducteurs. Ce sont leurs noms qui figurent en haut des palmarès et qui marquent l’histoire de la sélection : Admiral Beatty, Terling Marthus, Jocko Besne, O’Man, Blackstar, etc. Dès le début du XX^{ème} siècle au sein de l’Empire Britannique, la pratique des concours prend une envergure mondiale : les taureaux des différentes colonies sont confrontés entre eux en se disputant le droit de participer aux ventes aux enchères les plus prestigieuses en Angleterre. Ainsi, le taureau de race Friesland nommé Terling Marthus (Fig. 17), importé en Angleterre d’Afrique du Sud en 1922 devient champion incontestable du Royaume-Uni en procurant 6% de gènes à toute la race Friesland²⁷ (Wroughton et Van Niekerk 2012).

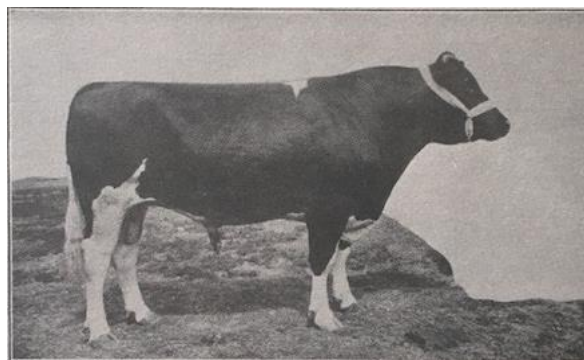


Fig. 17 Terling Marthus, un taureau champion du Royaume-Uni. Source : (Wroughton et Van Niekerk 2012)

On se soucie peu à l’époque du problème de consanguinité et on vénère les taureaux-champions capables de disséminer très largement leurs gènes. Ce phénomène qui était limité par les difficultés de transport des taureaux vivants et par les espace-temps dédiés aux concours et ventes aux enchères, s’est amplifié avec la mise en place des technologies

²⁷ La race Pie Noire avant la ‘holsteinisation’.

(insémination artificielle, cryoconservation, méthodes statistiques d'évaluation) qui permettent de déplacer et de dépasser les contraintes temporelles et spatiales du cycle biologique de reproduction.

Les événements qui prennent la place des concours dans la nouvelle configuration numérique de la valuation sont les publications des classements (Fig. 18). Basés sur les index génétiques calculés et reconnus par des institutions nationales ad hoc, ils paraissent à des dates fixes dans l'année et dans des espaces définis au sein des médias professionnels (revues, sites Internet). La mission de publication des valeurs génétiques des taureaux est généralement confiée à une organisation professionnelle, différente ou non de celle chargée des calculs. En France, c'est l'INRAE qui avait jusqu'au novembre 2018 la responsabilité de calculs des index officiels et l'Institut de l'élevage (IDELE) – celle de leur publication.

Nom	Index	Père	GPM	Isu	Tx par	CD	Inel	TP	TB	MP	MG	Lait
NEWSTAR	JF	LOUXOR	CAPITAL GA	221	5.7	70	55	0.7	0.8	46	44	1026
NOUGARO	JF	LOVER	IZNOGOU	221	5.7	70	37	1.6	1.8	28	37	393
LOUXOR	JF	IZNOGOU	DT BENITO	218	5.9	75	60	2.4	2.5	47	55	810
NERON	JF	LOUXOR	MEGASIRE	216	5.6	70	58	2.7	7.8	37	78	643
MULTICAST	JF	DOORSOPEN	JABIR	215	4.6	75	46	1.1	2.9	33	58	762
NOUXOR	JF	LOUXOR	HURION ISY	214	5.5	70	50	2.0	1.1	41	37	758
NOUSTAR	JF	LOUXOR	GESTAR	214	5.6	70	50	3.1	3.6	36	48	411
NANTAIS	JF	CHASSY	LTM PONDER	214	5.4	70	62	2.1	5.7	43	79	1029
MOYRATH	JF	JEPSILON	MACK COYNE	213	5.7	70	49	3.6	1.0	40	29	371
NESQUICK	JF	LOUXOR	PRESID LLM	213	5.8	70	48	0.5	1.0	39	45	870
LUMINOUS	JF	DAMARIS	SALOON SAN	213	4.7	75	80	2.3	5.6	57	96	1271

Fig. 18 Extrait du tableau de classement français, basé sur l'index national ISU (Index de Synthèse UPRA)

1.3. La génétique et son marché

La stabilisation de la notion scientifique de gène et la naissance de la discipline scientifique de la génétique comme science de l'hérédité date du début du XXe siècle (Keller 2003). Mais l'animal d'élevage commence à avoir une existence *génétique* seulement un demi-siècle plus tard, le temps qu'une sous-discipline de la génétique – la génétique quantitative dont je parlerai plus en détails dans le chapitre suivant – se forme et apporte des méthodes et des outils pour construire la valeur de l'animal au niveau de ses gènes (Sellier, Boichard, et Verrier 2019). On parle dorénavant de l'amélioration ou de la sélection génétique, du progrès génétique. L'animal-reproducteur est réduit au statut de ressource génétique. Le cheptel est caractérisé du point de vue de son patrimoine génétique. Les gènes deviennent dorénavant une

mesure du capital (capital génétique) et produits du commerce de la génétique. Mais que veut dire ‘génétique’ bovine en pratique ? Et comment ‘circule’-t-elle dans le monde globalisé ? D’un côté, les accouplements naturels se pratiquent de moins en moins, de l’autre les barrières éthiques, technologiques et économiques ne permettent pas encore la manipulation directe du vivant au niveau du génome à grande échelle. Quelles matérialités ont donc les gènes pour être transmis ? Comment se transforment-ils en marchandise ?

1.3.1. L’insémination artificielle : le début de l’évaluation génétique chez les bovins laitiers

C’est au milieu du XXe siècle que la pratique de l’insémination artificielle commence à se répandre dans le monde des bovins à partir notamment des travaux du vétérinaire russe Ilya Ivanoff (1870-1932) et de ses collaborateurs et successeurs qui ont notamment mis en place le modèle de vagin artificiel pour l’apprentissage des actes d’insémination. Dorénavant, dans des lieux spécialisés partout dans le monde, nous pouvons en apercevoir des modèles peu changés depuis ces quelques décennies, mis à part, peut-être quelques accessoires ‘esthétiques’ (Fig. 19). Quelque part, cet artefact en dit beaucoup sur le mode d’existence de la vache artificialisée par la technoscience.

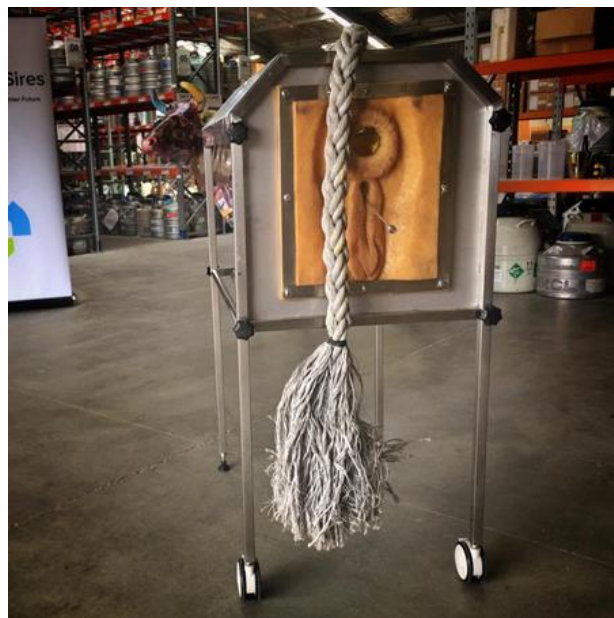


Fig. 19 Modèle du vagin de vache photographié dans une entreprise de production de semence bovine en Nouvelle Zélande

Le taureau-reproducteur reconnu comme vecteur du progrès reçoit ainsi la possibilité de disséminer ses gènes encore plus largement. Des solutions technologiques ont été trouvées pour démultiplier ses gènes-améliorateurs : ce sont des doses de semence congelées qui véhiculent le capital génétique vers des troupeaux à améliorer. Les embryons produits par les vaches inséminées sont aussi utilisés comme ressources génétiques. La maximisation de leur production fait toujours objet de recherches expérimentales : comment arriver à une ‘superovulation’²⁸ chez les vaches ? Mais l’avantage du taureau reste sa capacité de production de cellules reproductives à grande échelle, ce qui est plus intéressant économiquement sur le marché des ressources génétiques. C’est donc le commerce de la semence qui domine l’amélioration bovine.

La première organisation de l’insémination artificielle qui a été adoptée au Danemark et aux États-Unis dans les années 1930 est basée sur les coopératives d’éleveurs (Ombelet et Robays 2015). Ce modèle économique de l’industrie de la semence bovine se répand rapidement dans d’autres pays. Aujourd’hui, 90% de cheptel laitier des pays développés dépend de la filière d’insémination artificielle.

L’expansion rapide et l’organisation coopérative de l’insémination artificielle a contribué à l’élargissement du contrôle de la reproduction dans la volonté collective d’amélioration du cheptel. Les réflexions des généticiens sur des méthodes quantitatives d’évaluation génétique ont ainsi reçu un support inestimable dans la possibilité de recueillir les données sur le contrôle des performances qui seraient bien tracées généalogiquement. Le système de ‘testage’ des taureaux sur leur descendance a donc été mis en place avec plus ou moins de décalage dans les pays occidentaux entre les années 1940 et 1960. De manière générale, bien encadrés par les États nationaux qui mettaient en place des politiques d’amélioration des populations animales, le développement des recherches et l’intensification de la sélection allaient de pair (Vissac 2002). La plus emblématique en la matière est la Loi sur l’élevage (dite la ‘Loi du sperme’) adoptée en France en 1966 à l’unanimité par le Parlement. Elle mettait en place un vrai « service public de la génétique », selon l’expression de Selmi et Joly (2014, p. 226). Cette loi réglementait entre autre le recueil de données du contrôle des performances, leur stockage dans la base de données nationale centralisée (sous l’égide de l’INRAE) et leur mise à disposition totale aux besoins de la recherche. Les généticiens quantitatifs ont pu ainsi mettre en place des méthodes statistiques pour une évaluation génétique des caractères complexes, dits polygéniques où à variation continue, définissables

²⁸ La production de plusieurs ovules à la fois.

par leur mesure. Cela représente la partie majeure de caractères d'intérêt économique chez la vache, dont le principal est la productivité laitière. Ainsi, les taureaux enrôlés dans le dispositif du testage, au bout de quelques années (le temps d'avoir de 50 à 80 filles en lactation contrôlée dont les performances mesurées sont enregistrées et utilisées dans les calculs statistiques) peuvent avoir leur valeur génétique. Les quelques meilleurs (généralement, le ratio est de 10%) intègrent la filière d'insémination artificielle et produisent la semence qui ensuite est commercialisée auprès des éleveurs adhérant à la coopérative. L'industrie de l'insémination artificielle a ainsi favorisé le développement de l'évaluation génétique en devenant en même temps sa principale bénéficiaire. Une accélération du progrès génétique et de ce fait du développement économique des filières nationales de la production laitière a fait de l'insémination artificielle couplée à la cryoconservation la première 'révolution' technologique dans l'élevage bovin moderne.

L'objectif premier des coopératives de production de la semence bovine est orienté vers les filières nationales. Ce sont leurs adhérents nationaux qui sont les 'clients' principaux du service d'amélioration génétique. Mais la tentation de l'économie d'échelle ouvre une fenêtre d'opportunité pour les exportations de la semence produite localement. Le coût d'entretien et de testage des taureaux étant élevé, la possibilité de démultiplier leurs gènes en produisant des doses de semence donne l'espoir d'une optimisation économique des productions. Ainsi, la vente d'un surplus de la semence à l'étranger permet de réduire les coûts de la sélection locale et de réduire ainsi les frais des éleveurs-adhérents. Ce sont des organisations coopératives nord-américaines avec la race Holstein qui ont tracé ce chemin d'exportation massive de la semence bovine. Depuis, la compétition internationale marchande suit son cours non sans effets négatifs d'une part sur la nature coopérative de l'activité et sur sa capacité de gérer les ressources génétiques en tant que biens communs et d'autre part sur les races elles-mêmes (dont la Holstein est la plus touchée) qui subissent l'effet de l'augmentation de la consanguinité au niveau mondial. Cette production de masse au niveau mondial appelant à la privatisation des ressources, la question de régulation du marché se pose alors dans les cercles professionnels de la sélection, ce que nous verrons dans les parties suivantes de la thèse.

1.3.2. Comment les gènes deviennent-ils des produits prêts à circuler ?

L'insémination artificielle est la biotechnologie de la reproduction la plus utilisée dans le monde avec plus de 100 millions d'inséminations effectuées annuellement en bovins (principalement laitiers), 40 millions en porcins, 3,3 millions en ovins et 0,5 millions en

caprins sans parler de son utilisation humaine dont le marché mondial est évalué en 2018 à 1,5 milliards de dollars américains²⁹.

Sakari Tamminen (2012) attache l'effet révolutionnaire de l'insémination artificielle à la capacité de la technologie de cryoconservation de suspendre le cycle de la vie. Théorisée encore par Aristote, l'*animalité* - le mouvement permanent et circulaire - est l'essence-même de la vie. Or, la technoscience défie ce mouvement naturel et arrive à le pacifier en l'arrêtant temporairement. Ce processus de transformation de la vie en 'objet' inerte, manipulable et contrôlable plus facilement est conceptualisé par Vermeulen, Tamminen et Webster (2012) comme *bio-objectification*. Les *bio-objets* sont ainsi des objets similaires à la matière inerte, des choses banalisées, mais porteurs d'une vie potentielle. Ce processus de bio-objectification est inhérent à l'artificialisation et à l'économisation de la nature.

La transformation de la génétique bovine en bio-objets (doses de semence ou '*paillettes*') capables de transporter des vies de nouvelles vaches 'améliorées' dans le temps et dans l'espace, passe par une standardisation et une normalisation biotechnologiques très strictes. D'abord, l'extraction du taureau-reproducteur de la partie fonctionnellement utile pour la reproduction – le sperme – suit des protocoles qualitatifs précis en taurellerie. Sur le site d'Allice, union interprofessionnelle de coopératives d'élevage françaises, nous lisons notamment :

« L'opération a lieu deux fois par semaine pour chaque taureau et le déroulement d'une séance est pratiquement toujours le même. Dans la salle de monte ou de récolte – un lieu d'une propreté irréprochable pour éviter toute maladie, le donneur est conduit vers un boute-en-train. Ce taureau castré est utilisé pour l'exciter durant quelques instants durant lesquels le donneur va « muser », c'est à dire détecter les phéromones de son congénère. Puis, après deux fausses montes, le taurellier va augmenter encore l'excitation du donneur en "criant" selon un code compréhensible par l'animal, se « coller » littéralement à la bête et placer le pénis du taureau dans un vagin artificiel (chauffé à une température de 37°). L'éjaculat est alors recueilli dans

²⁹ Source: Market Research Report: Artificial Insemination Market Size, Share & Trends Analysis Report By End Use (Home, Fertility Clinics & Other Facilities), By Type (Intrauterine, Intravaginal), By Source Type (AIH, AID), And Segment Forecasts, 2019 – 2026, June 2019

des tubes. [...] Les vaches ne sont pas utilisées dans les salles de récoltes, d'une part parce qu'elles ne pourraient pas supporter des séances de montes et de fausses-montes avec des mâles d'un tel poids et, d'autre part, parce que la présence d'une femelle pourrait amener le taureau à une telle excitation que les taurelliers ne pourraient pas les maîtriser. »³⁰

Après l'extraction de l'animal (Fig. 20), la semence subit différents tests de qualité. On analyse l'éjaculat pour détecter des 'anomalies' au niveau des spermatozoïdes (Fig. 21). Un taux élevé d'anomalies justifie l'élimination de l'éjaculat. Les échantillons ayant passé cette première étape, sont soumis au test de 'congelabilité' (Tamminen 2012, pp. 207-210).



Fig. 20 Extraction de semence en taurellerie de Swissgenetics. Source : La Gruyère, mardi, 25 février 2014

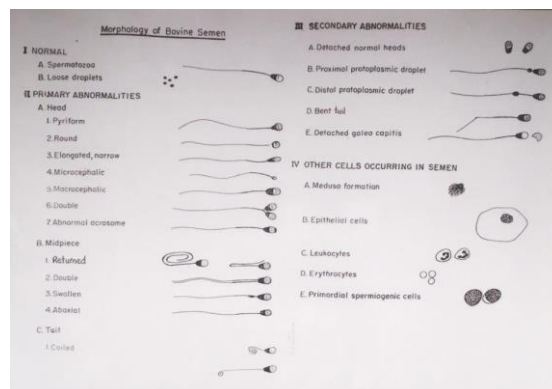


Fig. 21 Support visuel pour le tri de spermatozoïdes par leur morphologie photographié sur le mur d'une entreprise de production de semence bovine en Nouvelle Zélande, 2018

Les critères de quantité de spermatozoïdes, de leur motilité et survivabilité après décongélation des gamètes sont pris en compte pour donner une note finale de 1 à 5 à l'éjaculat analysé. Les éjaculats ayant obtenu les meilleures notes sont destinés au stockage. Ils sont divisés en doses selon le processus de standardisation technique qui suit aussi l'exigence d'efficacité économique. Il est constaté que la vitalité reproductive des spermatozoïdes ne dépend que peu du volume du sperme. Il est donc plus rentable de diviser l'éjaculat en plus petites doses équivalentes en capacité de reproduction au volume initial. Le nombre de spermatozoïdes jugé optimal est dilué avec des liquides adaptés à leur survie comme le lait ou l'œuf.

Ensuite,

³⁰ <http://www.allice.fr/insemination-reproduction/les-etapes-de-l-ia.html>, consulté le 02/07/2019

« une machine assure la mise en « paillettes », la fermeture et l'étiquetage sous la forme d'un code-barres de 10 caractères. Après réfrigération, les paillettes sont congelées dans de l'azote liquide à -196°C. [...] Les paillettes seront conservées durant trente jours dans les bonbonnes du centre de sélection, une période durant laquelle le donneur sera surveillé et ne devra développer aucune maladie : cette quarantaine est un ultime gage de sécurité sanitaire. »³¹

Préparées ainsi, les 'paillettes' (Fig. 22) sont prêtes à voyager dans le monde entier (Fig. 23) en portant en leurs sein une potentialité de vie nouvelle et une promesse du progrès génétique à des populations des vaches laitières dans un ailleurs spatial et temporel. Nous verrons dans la suite de la thèse les tensions que cette mobilité accrue des bio-objets engendre sur le marché international de la génétique.



Fig. 22 Les 'paillettes'



Fig. 23 Afrique du Sud. Dans cette camionnette, le commercial d'une entreprise de semence hollandaise livre à des clients des bonbonnes d'azote liquide contenant les paillettes remplies de semence des taureaux « du monde entier », selon ses paroles.

1.3.3. Vivent les vaches ! Le bonus technologique de la semence sexée

Etant donné que la force productrice de lait est représentée par la vache, c'est principalement des femelles que l'éleveur cherche à reproduire. Déjà que le veau dans les troupeaux commerciaux laitiers est considéré comme un 'sous-produit' du lait (Porcher et Schmitt 2010), si en plus c'est un mâle qui n'a pas vocation de devenir reproducteur (n'oublions pas que très peu le deviennent), il est vraiment vu comme un 'déchet' de la production qui en plus coûte en entretien et en abattage. La viande en provenance des

³¹ <http://www.allice.fr/insemination-reproduction/les-etapes-de-l-ia.html>, consulté le 02/07/2019

élevages laitiers n'a que très peu de valeur pour couvrir les frais. Pour éviter au maximum ces 'déchets', une nouvelle technologie se greffe 'en bonus' à l'insémination artificielle. Breveté en 2003 par la compagnie américaine Sexing Technology (ST), le *sexage* de la semence entre dans les pratiques de la reproduction contrôlée pour répondre à l'objectif de l'optimisation des élevages laitiers de l'accélération du progrès génétique des troupeaux. Un procédé biotechnologique sophistiqué appelé 'cytométrie de flux' défie une fois de plus la loi de l'équilibre génétique³² : appliqué aux spermatozoïdes du taureau, il permet de trier les chromosomes X et les chromosomes Y et de donner naissance uniquement à des femelles (avec une fiabilité de 90%).

Malgré le prix plus élevé des doses de *semence sexée* (environ le double du prix de la semence conventionnelle en France) et le taux de conception plus bas par rapport à la semence conventionnelle³³, l'utilisation de cette technologie s'amplifie au fil des années et prend rapidement des parts du marché relativement importantes surtout dans les élevages laitiers (Cottle et al. 2018). En France, selon les données de l'IDELE, entre 2010 et 2015 la courbe de l'utilisation de la semence sexée a progressé de 110 340 à 613 298 doses dont la grande majorité pour les races Holstein et Montbéliarde. A partir de 2016, un léger inversement de la courbe est observé : pour les spécialistes de l'Institut de l'Elevage³⁴, la baisse des prix du lait explique la baisse des investissements technologiques des éleveurs.

En même temps, en Inde, pays de la vache sacrée où l'abattage des bovins pose problème éthique et politique, et où la demande en lait augmente avec l'évolution démographique et le niveau de revenus de la population urbaine, la technologie de sexage est la bienvenue. Elle est même considérée par certains comme une des plus grandes ruptures technologiques et la solution la plus efficace à l'heure actuelle pour porter l'industrie laitière du pays (Talokar et al. 2017). Depuis 2014, la Fondation Bill et Melinda Gates finance le partenariat entre la compagnie américaine Sexing Technology (ST) et la Bharatiya Agro Industries Foundation (BAIF), une ONG indienne³⁵, pour diffuser la semence sexée des animaux de race Holstein dans les troupeaux des éleveurs ruraux indiens. Cette opération de croisement entre la

³² La loi d'équilibre génétique ou la loi d'Hardy-Weinberg est une théorie de génétique des populations, qui postule qu'au sein d'une population (idéale), il y a équilibre des fréquences allélique et génotypique d'une génération à l'autre.

³³ On estime à environ 50% le taux de conception en premier service d'insémination de semence sexée, soit à environ 80% du taux normalement obtenu avec la semence non sexée du même taureau (DeJarnette, Nebel et Marshall 2009)

³⁴ http://idele.fr/no_cache/recherche/publication/idelesolr/recommends/le-point-sur-lutilisation-de-la-semence-sexee-en-2016.html

³⁵ Je présente plus en détail cette organisation dans le chapitre 5 et plus particulièrement dans le paragraphe 5.2.2.

Holstein et les races indiennes issues des zébus (*Bos indicus*) vise à améliorer la productivité de ces dernières. L'installation récente d'une unité de production de la semence sexée sur place auprès de la BAIF a permis également d'utiliser cette technologie sur les races locales de zébus et de buffles. D'après les documents internes du projet EGP (Enhanced Genetics project) ce dernier volet de cette coopération technologique entre ST et la BAIF connaît un succès plus important que l'importation de la semence sexée de la race Holstein.

1.3.4. Les index : exprimer la valeur génétique en chiffres

Pour que les objets biologiques (des animaux vivants, des doses de semence ou des embryons destinés à la transplantation) puissent être considérés comme produits génétiques, ils acquièrent une *valeur génétique* (*EBV* pour Estimated Breeding Value en anglais). Estimée à l'aide des méthodes statistiques de la génétique quantitative, cette valeur est exprimée par un *index* numérique. Dans le chapitre suivant, j'accorde justement plus d'attention à ces méthodes de 'qualcul' afin de mieux saisir une double nature de l'index qui d'un côté représente un des modes d'existence de la vache – quantifiée, numérisée, virtualisée – et de l'autre, est le résultat de compromis socio-bio-technique pour la prise en compte de toutes les autres modes d'existence bovines. Pour le dire autrement, la valeur exprimée numériquement à travers l'index peut inclure ou ignorer d'autres valeurs en fonction de l'importance que l'humain leur accorde dans telle ou telle situation.

Dans la situation actuelle du marché de la génétique relevant de ce qu'on appelle « l'économie des qualités » (Karpik 1989; Callon, Méadel, et Rabeharisoa 2000; Musselin et Paradeise 2005), c'est l'index génétique et non le prix, qui sert d'instrument principal de vente. Les catalogues de la semence des taureaux-reproducteurs se présentent typiquement de la manière suivante (Fig. 22) :

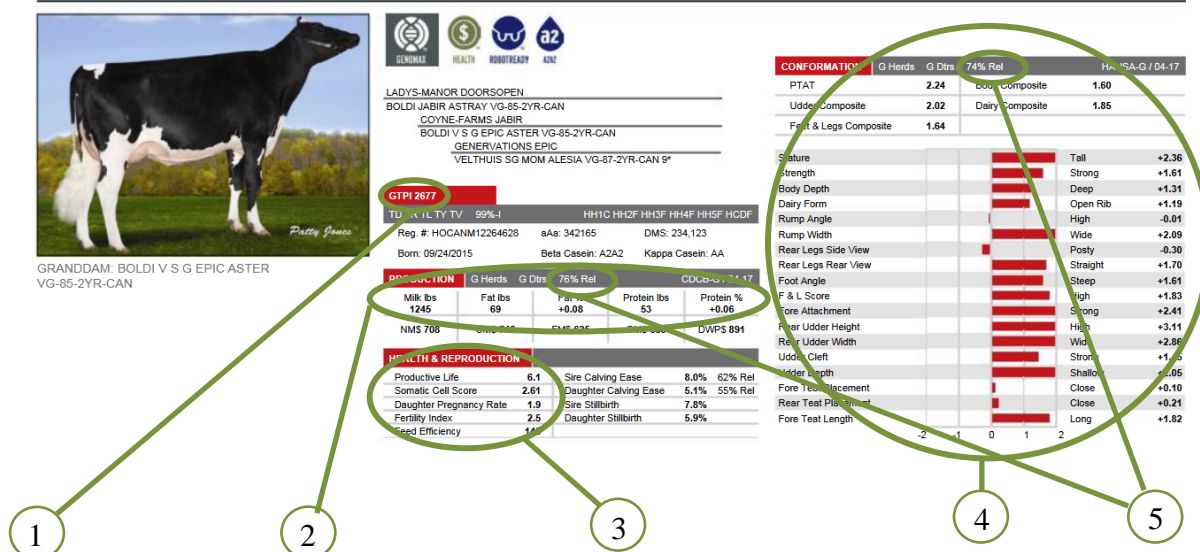


Fig. 22 Page du catalogue de semence de taureaux Holstein de la compagnie nord-américaine Semex, Avril 2017

Aux côtés de la photo représentant le taureau lui-même ou (le plus souvent) une de ses filles, on voit des séries de chiffres. Ce sont des index :

1. Général, global ou synthétique ;
2. Relatifs à la production laitière ;
3. Relatifs à la physiologie de l'animal ;
4. Relatifs à la morphologie ou la conformation.

L'index synthétique résumant la valeur du taureau est généralement accompagné de lettres ((G)TPI, LPI, ISU, NVI, etc.) spécifiques d'une échelle nationale ou d'un standard national d'évaluation (respectivement américaine, canadienne, française, néerlandaise, etc.). Il est important de noter ici que les valeurs des animaux sont rattachées à des pays précis – telles des marques de fabrique des pays producteurs et exportateurs de la génétique bovine.

L'index global est constitué à partir de différents index unitaires pondérés en fonction de l'importance accordée à des caractères phénotypiques exprimés par les vaches en production dans un programme de sélection donné. Les index 2, 3 et 4 expriment justement ces valeurs unitaires regroupées par type de caractères : production (quantité et qualité de lait), physiologie (santé et reproduction) et morphologie (taille de l'animal, forme et positionnement des différentes parties de son corps).

Chacun de ces chiffres porte une promesse d' 'amélioration' des animaux à naître : des vaches plus productives, moins malades, plus conformes à un standard voulu. L'index est donc le premier élément que l'acheteur de la génétique regarde en faisant confiance aux

chiffres (Porter 1995a). Mais cette confiance porte aussi bien sur le chiffre que sur celui qui l'a produit en effectuant le calcul. Cette confiance peut être retirée si la promesse de l'index ne se réalise pas, comme nous le verrons notamment dans le chapitre 6 avec l'exemple de l'Afrique du Sud où les éleveurs Holstein ne croient plus en fiabilité de l'index génétique local lui privilégiant ceux des autres pays et en particulier le TPI américain devenu à tort ou à raison dominant sur le marché mondial de la Holstein.

Comme un des généticiens interviewés m'a confié en parlant des éleveurs :

« *Ces gens sont très-très intelligents. On ne peut pas leur mentir longtemps en présentant des mauvais chiffres.* » (entretien HJ)

L'index est en quelque sorte un miroir orienté vers l'avenir, telle une 'boule de cristal' dans laquelle l'éleveur peut voir ses futures vaches. Scientifiquement objectivée, cette 'boule de cristal' doit être fiable. Chaque index a son propre indice de qualité : le *coefficient de détermination* ou le CD (5 sur Fig. 22). Exprimé en pourcentage ou en décimales, il est censé tendre vers 100% ou vers le '1' pour refléter le plus exactement possible les caractéristiques des futures vaches productrices.

1.4. La race : un équilibre socio-bio-technique fragile

Le terme *race* définit un rang taxinomique scientifiquement informel et soumis à des désaccords sociaux notamment dans son implication humaine. La nomenclature zoologique internationale s'arrête à l'espèce et ne donne pas de statut officiel, normalisé et codifié à des subdivisions de l'espèce comme sous-espèces, races, populations, variétés, formes, souches, lignées, etc. Généralement, ces subdivisions définissent des groupes d'organismes biologiques qui ont en commun des caractères constants, spécifiques, originaux et héréditaires, mais non déterminants pour les distinguer en espèces dont les différences sont objectivées par une évolution longue régie par des mécanismes de sélection naturelle. L'absence de la définition fixe de la race dans la nomenclature scientifique de catégories du vivant est justifiée par le caractère profondément social de ces constructions. Dans le cas des animaux dits domestiques ou d'élevage soumis à une sélection artificielle et intense, ce sont des collectifs d'éleveurs au sein d'une localité qui se mettent d'accord sur des critères représentatifs de la race et sur l'organisation de la reproduction et de la circulation des ressources génétiques. La race est

alors une construction dynamique, adaptable et négociable socialement, ancrée dans un territoire (Vissac 2002; Orland 2003). Dans les productions bovines, les races sont historiquement définies par des associations d'éleveurs généralement organisées au niveau national. On parle ainsi des standards nationaux de race qui en période de forte industrialisation tendent vers une forme fixe de standards techniques potentiellement exportables. De ce fait, l'équilibre de la race se fragilise, se balançant entre son ancrage dans un territoire donné et sa globalisation marchande.

1.4.1. La race comme un standard industriel : des marques de fabrique vivantes

A la fin du XVIII^e siècle, Robert Bakewell, en tête d'un groupe d'éleveurs anglais, met en place un recueil de règles méthodologiques de sélection (*breeding*). Cette doctrine qui encore aujourd'hui dans le monde professionnel et académique de l'élevage porte le nom de Bakewell fixe la race (*breed*) comme unité structurelle principale et normalise la pratique de la reproduction contrôlée 'en circuit fermé', c'est-à-dire entre les animaux apparentés avec un 'pool' restreint de taureaux reproducteurs. A ces débuts, les premiers sélectionneurs ne prêtent pas d'attention aux risques de consanguinité qui est au contraire considérée comme vertueuse dans l'objectif de fixer durablement certains caractères utiles à l'homme dans ses activités. Ces règles permettent la création des races comme 'marques de fabrique' définies avant tout par un modèle morphologique (Vissac 2002). A partir de ce moment, l'éleveur-sélectionneur impose à son troupeau d'un côté une conformité persistante à certains standards de race et de l'autre côté une amélioration de performances productives d'une génération à l'autre. Ce 'progrès' devient un objet de commerce et l'animal porteur de ressources génétiques accélère le pas sur son chemin de la marchandisation non plus seulement comme *producteur* d'alimentation ou fournisseur de service à l'homme, mais comme *re-producteur* et multiplicateur du capital.

La diffusion des premiers standards de race était visuelle. Les tournées que les sélectionneurs effectuaient avec leurs bêtes dans le pays et à l'étranger ont trouvé rapidement le soutien des peintres et des imprimeurs. Michael Quinn (1993) raconte ainsi une histoire du fameux 'Durham Ox' (Fig. 23), le représentant exemplaire de la race Durham Short-Horn créée par les frères Collins contemporains de Robert Bakewell en Angleterre. En 1802, le bœuf corpulent dont le vrai nom était Ketton, a été exposé à Londres où, visité par les représentants de l'élite agricole britannique, il s'est forgé la réputation de l' 'excellence bovine'. Son portrait imprimé a été acheté par plus 2000 éleveurs d'Angleterre et d'Ecosse.

Cette ‘campagne publicitaire’ a contribué grandement à l’établissement du standard de la race Durham dans tout le pays et autour.

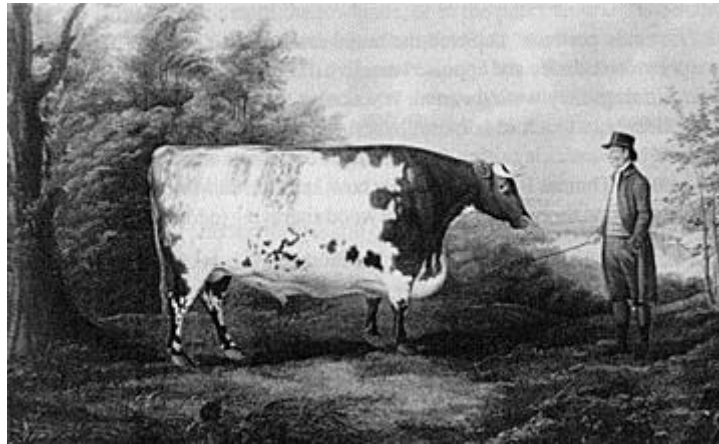


Fig. 23 Le portrait de ‘Durham Ox’ peint par John Boulton (1753–1812). Source : (Quinn 1993)

La sélection en race pure devient rapidement le paradigme principal en élevage au même titre que les lignées pures en productions végétales (Bonneuil 2016), intégrant le concept de ‘lignées pures’ (*‘pure lines’*) proposé en 1903 par un biologiste danois Wilhelm Johannsen (1857–1927). L’apparition de ce concept biologique correspond au moment historique où l’agriculture s’engage sur le chemin de l’industrialisation et donc de la standardisation des organismes vivants.

L’institutionnalisation des races animales vient au cours du XIXe siècle avec la création des livres généalogiques (*herdbooks* ou *studbooks*) et des associations d’éleveurs (*breeding societies*) responsables de la continuité des enregistrements des événements de reproduction et de la conformité des animaux au standard de la race. Ce standard, défini par une concertation sociale est inscrit dans le livre généalogique et décrit les principaux caractères d’importance (morphologiques au début) : taille et forme des cornes, taille de l’animal, couleur et motif de la robe etc. Mais « normaliser les livres généalogiques n’était pas facile, » rappelle Barbara Orland (2003). « Au début les éleveurs refusaient souvent de partager l’information sur la généalogie de leurs animaux vendus, car ils avaient peur de révéler un secret commercial. » (p. 178) Cette histoire de méfiance dans le partage des informations confidentielles suit le cours d’évolution de l’organisation coopérative de la sélection vers le niveau international, comme nous le verrons dans la suite des événements avec la montée en technicité des informations : les phénotypes, ensuite les génotypes.

En commençant par l’Angleterre, les associations de races s’organisent progressivement au niveau national (généralement une seule association par race et par pays) et prennent même

un poids politique (Vissac 2002). Cette politisation des organisations d'éleveurs crée des rivalités et contribue à un essor plus important de certaines races sur le territoire national et à l'international.

En deuxième moitié du XXe siècle dans les pays industrialisés, une compétition entre les standards fait disparaître ou réduit les effectifs de nombreuses races locales au profit des races plus productives dont la promesse d'un rendement économique plus rapide est propice à leur expansion dans le monde capitaliste. Tel est notamment le cas de la Holstein, la première race spécialisée en production laitière qui sert de support à mon analyse de la globalisation du vivant. Elle a ouvert le chemin à la spécialisation industrielle des races bovines : laitières d'un côté et allaitantes de l'autre. Fortement sélectionnées sur le caractère de productivité de lait, les vaches deviennent de vraies 'milk machines' au paramétrage morphologique standardisé. Depuis la mécanisation de la traite, la taille de l'animal, le positionnement et la forme de la mamelle, la forme et la hauteur des membres arrière, etc. – tout devient critère de conformation à la machine à traire. Celles qui sont devenues 'spécialistes' de la production laitière prennent une forme morphologique particulière : grandes, angulaires, elles ont le pis apparent et accroché bien haut (Fig. 24). Les vaches allaitantes, quant à elles, continuent à être corpulentes et rondes avec un instinct maternel valorisé (Fig. 25).



Fig. 24 Vaches de race Brown Swiss présentées sur le site internet d'une des plus grandes entreprises de semence nord-américaine World Wide Sires (WWS). Source : <http://wwsires.com/> consulté le 17/11/2018



Fig. 25 Vache Salers avec son veau. France, 2015

Une telle standardisation des races pose problème. Les vaches laitières sont les premières concernées. Nous le verrons plus loin avec l'exemple de la race Holstein qui devient une source de tensions sociales non seulement de par sa place dominante parmi d'autres races bovines, menaçant ainsi leur existence, mais également parce qu'elle-même devient menacée par le problème de croisement rapide de consanguinité³⁶.

1.4.2. La race comme bien commun : la gestion de la diversité utile

Dans ses recherches sur l'organisation de la sélection animale autour de la race, Julie Labatut (2009, p. 14) utilise le concept de bien commun. Les communs, (*commons* en anglais), dit-elle en suivant les travaux de la politologue et économiste américaine Elinor Ostrom (1933-2012), « font référence à un domaine :

- où il est difficile de développer des moyens physiques ou institutionnels d'exclure des bénéficiaires ;
- où des problèmes d'encombrement, de sur-utilisation, [...] de disparition potentielle apparaissent en l'absence de limitations d'usages. »

Ainsi, la coordination socio-politique traditionnelle autour des races crée des bases pour la définition d'un statut de races animales comme des biens communs. Julie Labatut et ses collègues (Labatut 2009; Labatut, Aggeri, et Allaire 2013a) précisent également que les ressources génétiques bovines au sein de dispositifs de sélection modernes ont deux composantes : (i) *biologique* qui inclue les animaux reproducteurs vivants, des doses de semence et des embryons, et (ii) *informationnelle* représentée par toutes les données recueillies et enregistrées en vue de caractériser la partie biologique de la ressource. Une prise en compte de ces deux parties dans la gestion des ressources est nécessaire pour la durabilité de la sélection. Tant que ces deux composantes sont regroupées au sein des organisations coopératives, la gestion des ressources génétiques peut garder en équilibre les forces standardisantes de l'industrialisation et les dynamiques sociales et biologiques (Labatut 2009; Labatut, Aggeri, et Allaire 2013a; Labatut et Tesnière 2018).

³⁶ Ce problème est pour le moment très peu débattu dans la société en dehors des cercles professionnels de la sélection bovine. Quelques alertes commencent néanmoins à apparaître dans les médias dits 'grand public'. Ainsi l'article du journaliste David Cox (2018) paru dans *The Guardian Weekly* porte un regard critique sur la domination de la race Holstein qui, elle-même consanguine, menace la diversité des races locales en Afrique. Un autre article (O'Hagan 2019a; 2019b) interroge le fort niveau de consanguinité des populations Holstein américaines.

Les éleveurs participent traditionnellement à la gestion des ressources génétiques bovines au sein de dispositifs collectifs de sélection dont les rôles et les structures varient en fonction des arrangements institutionnels nationaux (Tesnière et al. 2019) et des imaginaires sociotechniques profondément ancrés dans l’histoire des pays (Jasanoff et Kim 2015). L’élaboration des programmes ou des schémas de sélection suppose que les éleveurs de la même race se mettent d’accord sur des critères de sélection et qu’ils investissent financièrement pour la production et l’évaluation des ressources génétiques pour assurer le progrès génétique de leurs troupeaux en accord avec ces critères. Les négociations de ses schémas se passent en étroite interaction entre les éleveurs, les sélectionneurs et les chercheurs-généticiens. C’est là que les composantes biologique et informationnelle des ressources dédiées à la sélection sont considérées simultanément pour garantir notamment une bonne gestion de la diversité génétique.

Depuis la théorie d’évolution de Charles Darwin, il est en effet scientifiquement démontré et reconnu que la diversité génétique est un facteur primordial pour la survie des populations. Le mécanisme standardisant de la sélection artificielle basé sur le choix de reproducteurs parmi des animaux apparentés, rend l’équilibre génétique intra-race fragile. Les généticiens le mesurent sur une échelle de variabilité où l’extrémité gauche représente le minimum de consanguinité et celle de droite ce que l’on appelle la ‘dépression de consanguinité’ qui signifie une perte importante de variabilité génétique. Le curseur de la diversité optimale se trouve quelque part au milieu avec une tendance inéluctable à se déplacer vers la droite. (Fig. 26) Tout l’enjeu est de le maintenir le plus proche possible du milieu afin d’éviter un niveau trop élevé de consanguinité qui peut devenir délétère pour une population donnée.



Fig 26 Echelle de diversité génétique intra-race

Je propose de parler de la diversité génétique optimale nécessaire à la poursuite de la sélection comme de la *diversité utile*. La notion de *diversité* en elle-même suscite une grande diversité d’interprétations et d’implications analytiques³⁷. Préciser cette notion avec un

³⁷ La diversité vise à englober un ensemble d’éléments inenglobables car même pas connus dans leur totalité et en même temps elle suppose que ces éléments sont déjà observés, structurés, classifiés et prêts à l’emploi dans l’esprit et dans l’action (G. C. Bowker et Star 2000). La diversité crée des conflits (Mouffe 2010), mais nous utilisons ce terme dans le sens toujours positif, vertueux en supposant son utilité intrinsèque. D’une part on

qualificatif '*utile*' dans son implication pour la sélection animale permet de concrétiser la cause défendue par les acteurs que je suis dans le cadre de ma thèse: il ne s'agit pas de la diversité dans son sens métaphysique du terme comme le 'bien en soi', mais bien de la diversité nécessaire pour la durabilité de l'activité d'amélioration génétique des races. La notion de la *diversité utile* représente ainsi un compromis conclu entre d'un côté l'organisme vivant (la vache) pour lequel la diversité génétique fait partie intrinsèque de sa nature propre et de l'autre côté l'industrie dont l'objectif est d'arriver à standardiser au maximum les produits commercialisés sur le marché. Dans la gestion des programmes de sélection, le maintien de ce compromis demande une vigilance particulière.

Tant que les programmes d'amélioration bovine sont gérés au sein des systèmes interprofessionnels collaboratifs encadrés par l'État, les scientifiques impliqués contrôlent la situation, comme c'est encore le cas dans certains pays, notamment en Irlande (Tesnière et al. 2019)³⁸. Les schémas de sélection établis en fonction des priorités collectives sont régis par des réglementations strictes, notamment en termes de choix de reproducteurs, de limites du nombre de doses de semences produites par chaque taureau, de l'écart générationnel entre accouplements, etc. L'exemple illustratif d'un tel dispositif est la Loi sur l'Élevage en France mise en place en 1966 sur l'initiative des généticiens de l'INRAE (Pluvinage 1991; Vissac 2002). En revanche, dans le contexte du marché libéralisé et dérégulé (Labatut et al. 2014), la circulation des doses de semence est soumise de plus en plus au principe de l'économie d'échelle. Une possibilité de démultiplier presque à l'infini les gènes des taureaux reproducteurs motive la commercialisation la plus large possible des doses de semence produites. Cela continue à renforcer le 'star system' et à accentuer davantage le problème de consanguinité au sein des races globalisées. Ce sort est notamment subi par la race Holstein qui depuis quelques décennies frôle l'état critique de variabilité génétique.

1.4.3. La Holstein-Frisonne : la naissance d'une race globale

La Holstein est le nom actuel reconnu presque partout dans le monde de la race bovine Pie Noire créée au XIXe siècle au Pays-Bas dans la région de La Frise (Friesland en néerlandais).

essaie depuis longtemps de la maîtriser par des classements, modèles, métriques (Weitzman 1992), de la simplifier mais en acceptant la nécessité de la garder complexe (Stirling 2011).

³⁸ En France, cet encadrement fort est resté effectif jusqu'au 2018 où le Nouveau Règlement zootechnique européen (RZE) a entériné la profonde réorganisation de la sélection animale au profit des acteurs industriels (organismes de sélection ou OS) responsables dorénavant de la totalité du processus d'amélioration allant de la production à la commercialisation en passant par l'évaluation des ressources génétiques.

Considérée aujourd'hui comme race la plus globalisée, elle a connu au cours de son existence deux étapes d'expansion mondiale. La première période se rattache au succès international de la race Frisonne (Friesian, Friesland en fonction de ses différentes appellations en différentes langues) créée elle-même à partir de plusieurs races différentes parmi lesquelles figurait la Durham Shorthorn anglaise. Race rustique, c'est-à-dire adaptable et résiliente, avec un bon équilibre entre production de viande et de lait, la Frisonne est rapidement devenue très populaire et a voyagé dans le monde entier (Vissac 2002): dans des pays voisins en Europe avec des échanges commerciaux de proximité et dans des régions plus éloignées avec les déplacements des populations d'éleveurs néerlandais et de ceux de l'Empire Britannique dans des colonies d'outre-mer. Cette première période était créatrice de populations divergentes qui ont évolué relativement indépendamment dans leurs pays et régions d'accueil sous l'égide des programmes nationaux de sélection. Une étude menée par la FAO dans les années 1970-1980 sur la comparaison entre les populations frisonnes améliorées dans dix pays différents a effectivement noté de fortes particularités locales sur plusieurs caractères (production de lait et de viande, composition du lait, morphologie et physiologie des animaux, etc.). Ces divergences sont à considérer sous le prisme des différents environnements et priorités nationales de sélection (Jasiorowski, Stolzman, et Reklewski 1987). De cette manière, une des branches de la race Frisonne a évolué aux États-Unis dans le contexte du paradigme industriel fordiste. Appelée la Holstein, elle devient au milieu du XXème siècle la première race laitière spécialisée, poussée par la sélection jusqu'au bout de la logique productiviste : telle une 'milk machine' qui représente l'idéal industriel de l'animal.

La deuxième étape dans la globalisation de la race est ainsi connue sous le nom de '*holsteinisation*'. Dans la période de l'après-guerre (années 1950-1960), la Holstein américaine soutenue par le développement de l'insémination artificielle et l'intensification des échanges économiques internationaux, est venue conquérir les différents pays en recherche d'augmentation de leurs productions agroalimentaires (Labatut et Tesnière 2018).



(1)

(2)

Fig. 27 Taureaux de race Frisonne européenne avant (1) et après (2) la 'holsteinisation'.

Source : (Philipsson 2005)

L'alignement sur le standard américain (Fig. 27 (2)) marque, d'après les spécialistes, un tournant *a priori* irréversible dans le développement de la race Frisonne en faveur de la Holstein. L'ancienne Frisonne (Fig. 27 (1)) « n'existe plus en Europe, [...] même pas en cuve [de semence conservée], » - s'indigne un des généticiens français interviewés³⁹. « Les gens, poursuit-il, ne se souciaient pas de la diversité, ils ont tout jeté, ils ont vidé leurs cuves pour faire de la place ». Des études conduites au sein d'Interbull (Philipsson 2011), au Canada (Van Doormaal et al. 2005), en France (S. Mattalia et al. 2006), aux Pays-Bas (Van Der Beek et Geertsema 2017), aux États-Unis (VanRaden 2017), pointent l'état critique de la variabilité génétique au sein de la plus grande race bovine, comme dans d'autres races globalisées comme la Jersiaise, la Guernsey, etc. (Fig. 28). Selon le document de la Fédération mondiale de la Holstein-Frisonne (WHFF 2011), « le coefficient moyen de la consanguinité dans les pays leaders de la production Holstein est estimé à 6%, tandis que [...] 5% est considéré comme le maximum acceptable. » Selon les sources professionnelles interrogées, actuellement, le chiffre continue à augmenter considérablement. Avec des facilités de circulation des ressources génétiques grâce à l'insémination artificielle couplée à la technologie de cryoconservation, les éleveurs et les sélectionneurs des différents pays développés recourent à ce que l'on appelle 'un recrutement génétique mondial', c'est-à-dire à l'utilisation de la génétique provenant des 20 meilleurs reproducteurs internationaux dont la majorité absolue est américaine (Fig. 29). Il a été en effet démontré que le progrès génétique dans le cadre de la sélection globale peut s'accélérer de 17% par rapport à la sélection intra-pays (Lohuis et Dekkers 1998), ce qui donne un bon argument à la globalisation du marché, mais omet certains inconvénients en termes d'effets délétères de la perte de diversité. Les

³⁹ Extrait d'entretien avec un chercheur généticien français, DB, octobre 2016

généticiens mettent en garde les éleveurs et les entreprises de sélection sur « l'importance de garder [...] une base génétique large pour la durabilité des programmes génétiques » (Philipsson 2011, p. 6). Sur le graphique présenté en Fig. 30, la progression de la consanguinité au sein de la race Holstein est notable dans les régions du monde où le standard de race pure incite les éleveurs à l'utilisation des mêmes lignées des taureaux-reproducteurs. En revanche, nous observons la baisse du taux de consanguinité en Océanie, région représentée principalement par la Nouvelle Zélande où le croisement est beaucoup utilisé entre deux races : la Holstein et la Jersiaise. Malgré tous ces signaux d'alarme lancés par les scientifiques, la pression du marché sur la production et la circulation des ressources génétiques ne cesse d'augmenter.

Aujourd'hui, environ 75% du commerce international des ressources génétiques (principalement la semence) concerne la race Holstein-Frisonne. Les vaches de cette race sont présentes dans le monde entier (Fig. 31) et l'absorption génétique de la Frisonne par la Holstein est dorénavant processus omniprésent. Cette race qui est devenue un modèle pour le développement des technologies modernes de l'élevage et de la sélection et un véhicule pour leur expansion internationale. Néanmoins, compte tenu d'un taux élevé de la consanguinité, la race Holstein dont la conformité au standard américain constitue une fierté et l'outil marketing principal des grands vendeurs de semence (Fig. 32), est en réalité « une grande race au petit patrimoine génétique » (Sophie Mattalia et Brocard 2007).

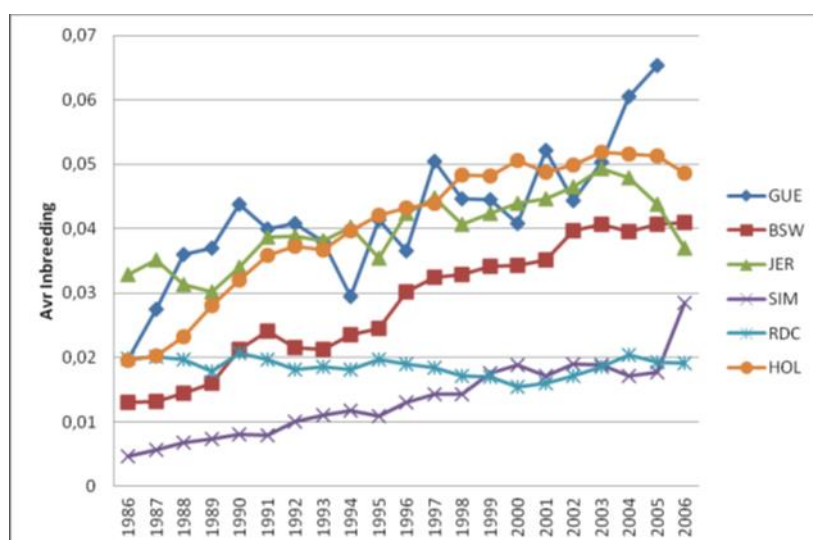


Fig. 28 Progression du taux de consanguinité chez les différentes races laitières. Source : (Philipsson 2011)



Fig. 29 Extrait de présentation de S. Mattalia (IDELE) au sujet des principaux taureaux contributeurs génétiques de la race Holstein. A côté des noms des taureaux nous voyons le nombre de leurs fils qui à leur tour sont devenus également reproducteurs et continuent donc la dissémination des mêmes gènes.

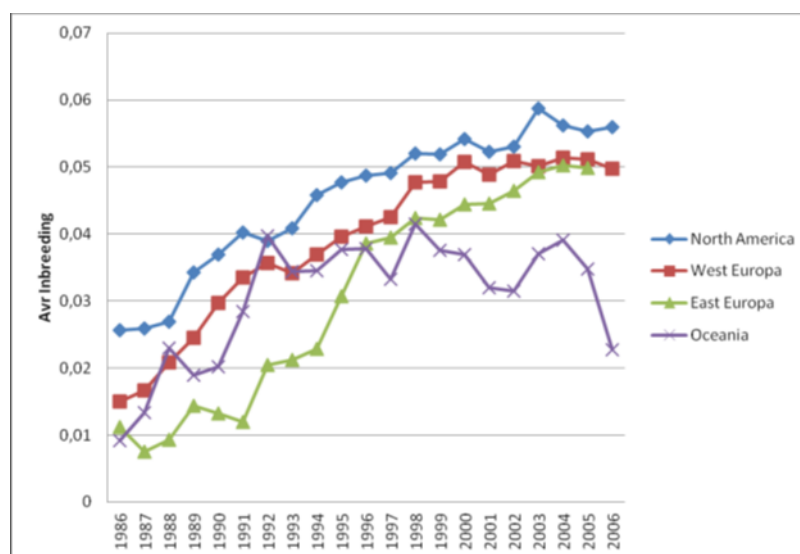


Fig. 30 Progression du taux de consanguinité chez la race Holstein dans différentes régions du monde.

Source : (Philipsson 2011)

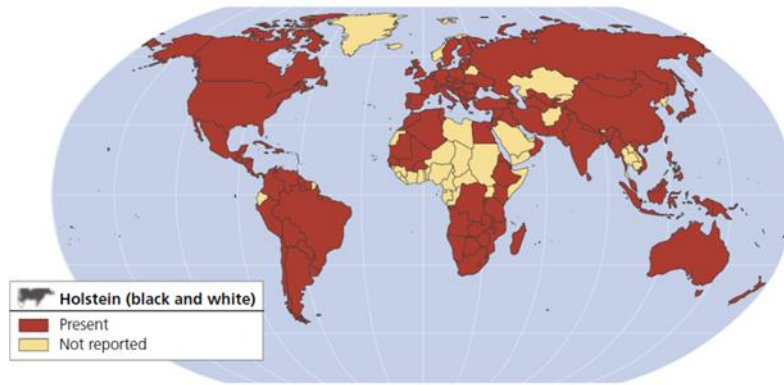


Fig.31 Distribution mondiale de la population Holstein-Frisonne. Source: (Rischkowsky et Pilling 2007)



Fig. 32 Image extraite du site internet d'une des plus grandes entreprises de semence nord-américaine World Wide Sires (WWS). Source : <http://wwsires.com/> consulté le 17/11/2018

Conclusion

« ... le livre fonctionnera si le lecteur ressent chaque fois l'impression que chacun des modes est le meilleur, le plus discriminant, le plus important, le plus rationnel de tous. » (Latour 2012, p. 11)

L'effet de mon récit dans le présent chapitre est certainement inverse à celui que Bruno Latour a souhaité pour son livre « Enquête sur les modes d'existence » (2012). On est plutôt censé regretter la réduction du mode d'existence de la vache-milieu au profit de celui du capital qui se voit absorbé par la valeur économique en perdant la valeur sociale. On est censé également réfléchir au rôle de la technoscience qui dans le mode d'existence génétique de la vache transforme la valeur biologique dans le sens holistique de l'animal lié à son milieu en la valeur (bio)logique où la rationalisation est mise au profit du capital économique. Le diagramme initial que j'ai proposé en introduction comme une représentation idéale de l'équilibre de l'agencement bovin, semble ainsi se déséquilibrer en marquant des tensions fortes entre la nature biologique de la vache et sa représentation économique en tant que marchandise. La valeur sociale du vivant dans le sens de son ancrage dans les territoires diminue et le mode d'existence de la vache-milieu laisse sa place aux modes génétiques et capitalistiques exacerbés par la technoscience (Fig. 33).

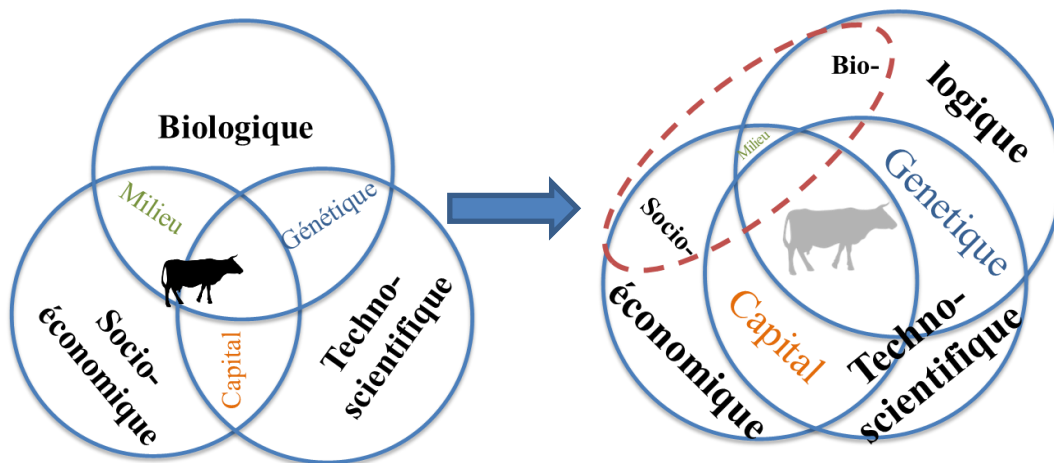


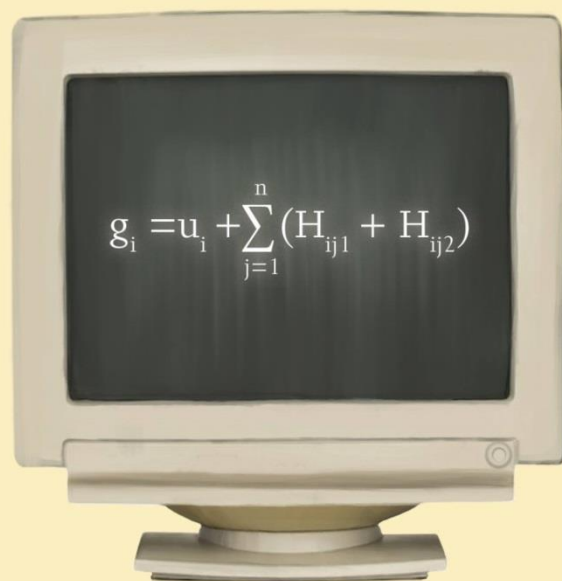
Fig. 33 Déséquilibre de l'agencement bovin avec un déplacement des valeurs de la vache vers la technicisation de ces modes d'existence.

Ce déséquilibre est créateur et témoin en même temps des problèmes systémiques constatés sur le terrain. Le *désancrage* territorial de l'élevage provoque une crise de cette activité sociale ancienne de plusieurs millénaires qui se retrouve dans un besoin de

reterritorialisation, comme de nombreuses autres activités, ce dont témoigne l'analyse de Bruno Latour (2017). Une baisse de *confiance* des acteurs dans l'organisation collective de la gestion des ressources génétiques pose problème de la durabilité des échanges économiques pour lesquels la confiance des consommateurs est primordiale, surtout lorsqu'il s'agit du marché régi par l'économie des qualités (Karpik 1989; Callon, Méadel, et Rabearisoa 2000; Beckert et Musselin 2013). Une fois que la confiance est déplacée du travail coopératif de sélection vers les chiffres abstraits (Porter 1995b), la porte s'ouvre en grand à des dérives du marché dit libre. Une perte considérable de la *diversité génétique* venant d'une rationalisation extrême de la nature biologique de l'animal s'accroît davantage par la transformation des ressources génétiques en marchandise standardisée, multipliable et exportable sans contrainte.

Le constat paraît sans appel : l'industrialisation a causé bien de dégâts dans le monde du vivant social. Pour autant, une 'désindustrialisation' de l'élevage paraît utopique, surtout compte tenu de la course à la productivité sans relâche rejointe par des pays en plein essor de leur développement économique. Même en Inde, où la vache est un animal sacré et vénéré, le progrès technique et les objectifs économiques de la production laitière vont dans le sens de la 'modernisation' (lire : industrialisation) de l'élevage bovin. Les chercheurs généticiens spécialistes du bovin, acteurs que je suis de près dans ce travail de thèse et qui, ne l'oublions pas, ont participé très activement à la mise en place de l'industrie de la sélection dans les pays occidentaux, voient aujourd'hui, et notamment dans les chiffres qu'ils manipulent, des dégâts du développement industriel sur les populations bovines et plus particulièrement sur la race Holstein : consanguinité croissante, problèmes physiologiques, difficultés d'adaptation à des environnements moins technologisés, etc. Participant dans des instances professionnelles internationales, ils font face également à des tensions politiques accentuées par une compétition économique globalisée. Se sentant « dépassés par les événements » (selon les paroles d'un de ces acteurs), ils essaient de corriger le tir en restant dans le registre rationnel de leur discipline scientifique qui est la génétique quantitative. Comment alors tenir compte de la *vie (bios)* dans les calculs ? Comment rationaliser la définition même du vivant qui échappe en permanence à la rationalisation (Heams 2019; Kupiec et Sonigo 2003; Kupiec 2019) ? Comment, en utilisant les méthodes de quantification, faire « atterrir » (Latour 2017) la vache pour qu'elle retrouve son existence dans le *milieu* ? Comment redonner aux éleveurs la confiance en marché et comment revaloriser le travail coopératif ?

Dans le chapitre suivant, j'examine le processus de la quantification scientifiquement guidée de la sélection génétique afin de saisir les marges de négociation que cette construction de la valeur chiffrée laisse aux autres modes d'existence de la vache.



Ceci est une vache.

Chapitre 2

Génétique quantitative : calculer la valeur de la vache

Pour rendre compte de l' 'économisation' de la vie, Michelle Murphy (2017) fait appel à l'histoire, devenue pour elle métaphorique, des expériences de Raymond Pearl (1879-1940), un biologiste américain qui observait des mouches drosophiles placées dans un bocal de verre. La biologie de la reproduction l'intéressait pour comprendre les mécanismes de régulation d'une population sous contrainte d'espace et de ressources. Il voulait ainsi pouvoir répondre à la question : « comment équilibrer la taille de la population [humaine] avec la production nationale en utilisant ensemble la biologie et la planification étatique au travers de l'économie » (p. 3)

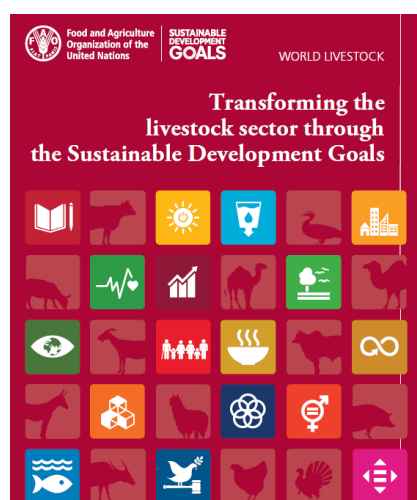
« Unlike Malthus's law of population, where the calamity of overpopulation in a limited world could not be avoided, with Pearl's curve mass death, famine, and overpopulation were entirely avoidable through management, as long as production 'progressed' or population were 'optimized'. The curve was not a mere law of nature; it was a call to action. » (p. 10)

La loi établie par Pearl appelait à l'action non seulement en termes de déploiement des politiques de régulation de la population humaine dont Michelle Murphy retrace des épisodes historiques dans son livre « The economization of life » (2017). Elle appelait aussi et surtout à l'augmentation des productions. La croissance est devenue le postulat du développement économique synonyme du progrès. Ce qu'est le bocal en verre pour les mouches, l'économie l'est pour la population humaine : l'environnement dont l'humanité n'arrête pas de vouloir repousser les limites pour survivre.

La même association d'instruments biologiques et étatiques qui sert pour réguler la population humaine est utilisée pour augmenter les productions alimentaires. Les animaux de rente sont alors parmi les premiers concernés. Les méthodes quantitatives pour 'améliorer' la population humaine et celles pour 'améliorer' les productions animales ont la même origine épistémologique dans l'Angleterre victorienne. Les théories eugénistes portées par Francis Galton (1822-1912), le cousin de Charles Darwin (1809-1882), ont rassemblé et fait succéder de brillants personnages savants dans le laboratoire de biométrie dont le premier directeur était Karl Pearson (1857-1936), considéré comme un des fondateurs de la génétique

quantitative. Raymond Pearl, lui-même impliqué aux États-Unis dans l'activité de l'Association des Sélectionneurs Américains (American Breeders' Association) connue pour ses engagements eugénistes (Kimmelman 1983), a aussi effectué un passage dans ce fameux laboratoire de biométrie en Angleterre (Murphy 2017). D'autres figures, héritières des acquis de biométrie marquée par l'idéologie eugéniste, ont marqué notamment le tournant de la génétique quantitative vers sa spécialisation agricole. Parmi eux, l'anglais Ronald Fisher (1890-1962), théoricien de la génétique quantitative ayant travaillé sur les grandes cultures, et l'américain Jay Laurence Lush (1896-1982) qui a appliqué la théorie à la sélection animale. Les généticiens actuels estiment précieux leurs apports respectifs à la théorie de la génétique quantitative d'aujourd'hui. Le premier a su notamment préciser la nature 'polygénique' des caractères continus dont la valeur génétique se présente comme une somme des effets d'un grand nombre de gènes dont chacun a un effet de faible ampleur. Le second était l'auteur du célèbre ouvrage '*Animal Breeding Plans*' (1937, réédité plusieurs fois) dans lequel il a fait l'indispensable synthèse entre la génétique et la pratique de l'élevage (Sellier, Boichard, et Verrier 2019).

Dorénavant, les calculs savants œuvrent pour « mesurer objectivement la valeur qui sera transmise à la descendance pour chacun des reproducteurs potentiels » (Ducrocq 2020). Accompagnée des avancées technologiques, la génétique quantitative sert l'amélioration des populations bovines dans une perspective du 'progrès' nécessaire pour nourrir la population humaine toujours grandissante. La sécurité alimentaire est un des défis globaux majeurs qui encadrent le développement des productions bovines, comme l'affirme notamment la FAO dans son rapport du 2018 (Fig. 34).



er functioning of food markets.

The livestock sector can play a key role in ending hunger, contributing at different levels and from different entry points. At the household level, its principal contribution is increasing the direct consumption of healthy and nutritious animal-source foods (ASFs) and helping to generate income; at rural community level, its contribution is related to the creation of employment opportunities in livestock and food chains, both upstream and downstream. In terms of national economies, an enhanced livestock sector can help reduce ASF prices, generate fiscal revenue, and earn foreign exchange. At the global level, it can supply the world with sufficient and reliable supplies of eggs, meat, milk and dairy products.

In particular, livestock and animal-source

Fig. 34 Le rapport FAO sur le développement du secteur des productions animales encadré par les objectifs globaux du développement durable. Extrait p.XXIV (FAO 2018)

Le postulat de Michelle Murphy sur l'économie comme notre environnement vital vient soutenir mon analyse de l'agencement bovin présentée dans le premier chapitre. Dans le système de production industrielle dite 'moderne', la vache technicisée 'hors-sol' exprime davantage sa valeur économique que ses valeurs biologique et sociale, ce qui pose question de l'équilibre et de la durabilité de la sélection bovine, du moins dans son organisation actuelle autour de la race pure. Le présent chapitre propose d'analyser de plus près les activités scientifiques de la génétique animale dont les méthodes viennent historiquement alimenter le processus de « l'économisation de la vie » (Murphy 2017). Mon hypothèse, inspirée de l'argumentaire de Michel Callon (1994 ; 2009), est que les pratiques scientifiques de quantification du vivant sont dotées de méthodes ad hoc pour faire apparaître simultanément les valeurs autres qu'économiques, mais que la mise en œuvre de ces méthodes au sein de l'agencement est une affaire politique. On verra dans un premier temps comment la biologie de l'animal que même certains généticiens ont perdue de vue, se retrouve, malgré elle, dans les calculs statistiques au travers des pratiques de mesure. Ensuite, j'introduirai la 'révolution' de ce début du siècle – celle de la génomique – qui, par ses promesses technologiques, est vue par beaucoup d'acteurs comme une solution 'miracle' à de nombreux problèmes d'élevage d'ordre tant économique qu'environnemental. Une solution qui semble cependant ne pas satisfaire pleinement les attentes et qui accentue davantage les tensions créées par l'industrialisation de l'élevage que nous avons vues dans le premier chapitre (désancrage territorial, crise de confiance en travail coopératif et une consanguinité accrue dans des populations bovines globalisées). Enfin, la question du milieu qui cristallise ces tensions (cf. Fig. 33 dans la conclusion du premier chapitre), sera traitée du point de vue des méthodes de la génétique quantitative. On comprendra alors comment l'implication du 'milieu' dans l'existence de la vache 'se négocie' au niveau des calculs.

2.1. Faut-il de la biologie pour quantifier le vivant ?

Lors d'un colloque international sur la génétique animale (WCGALP 2018), j'ai échangé quelques mots avec un chercheur venu faire une présentation de ses méthodes de calcul dans un des panels dédiés aux bovins. Ce qui a attiré mon attention, quoiqu'assez distraite par l'incompréhension des formules savantes, c'est qu'il n'a pas parlé du tout de l'objet de ses calculs, en l'occurrence de la vache. Pendant la pause-café, il m'a dit qu'il s'était en effet retrouvé dans le domaine de l'évaluation bovine par hasard. Mathématicien formé en Ukraine,

il était venu faire un post-doc au Danemark à l'Université d'Aarhus où on lui a proposé un poste au département de génétique animale. J'étais curieuse de savoir comment on pouvait calculer les valeurs génétiques des animaux sans connaître l'objet de ces valeurs. Pour lui, ce n'était pas un problème en soi. Tant qu'on lui fournissait des chiffres, il disait maîtriser parfaitement les modèles.

Karl Pearson (1857-1936), un des pères de la génétique quantitative à travers son approche biométrique, ne s'intéressait pas apparemment non plus aux détails biologiques de ses objets. D'après son biographe Theodore Porter (2004), il trouvait cela inutile compte tenu de sa croyance infinie en la capacité des méthodes statistiques de saisir toute la complexité des caractères continus et mesurables.

Alors, n'y a-t-il vraiment pas de 'bios' dans la génétique quantitative appliquée à l'animal ? Est-ce que seuls les nombres comptent ? La valeur génétique d'un animal est-elle donc une affaire de calcul pur, dur et rationnel et encadrée uniquement par le paradigme économique ? La métrologie de la vache est-elle vraiment similaire à celle de la voiture (parallèle métaphorique préférée des généticiens pour rendre leurs explications plus accessibles au public peu familier de la génétique bovine, cf. Fig. 35) ? Ne venant pas de la discipline, dire que quantifier un organisme vivant est la même chose que quantifier la matière inerte me paraît contre-intuitif.



Fig. 35 Extrait d'une présentation de Vincent Ducrocq sur la problématique d'évaluation génétique dans les pays en développement.

Je propose de retravailler ici le point dont Alain Desrosières (2014) soulève l'importance en parlant de la double nature sociotechnique de la quantification. A travers le cas de la vache,

on peut suivre la participation de l'entité biologique dans ce processus. Son caractère non-linéaire et jamais finalisé devient particulièrement visible lorsqu'intervient la complexité de l'organisme vivant. Comment la vache est-elle quantifiée ? Comment façonne-t-elle sa propre métrologie ? Et qu'est-ce que la quantification fait à la vache ? Il me paraît en effet important de souligner le caractère performatif de la quantification dont le résultat (un indicateur ou un index chiffré), comme le dit bien Desrosières, rétroagit sur ce qui a été mesuré.

Tout d'abord, au début de cette section, je présente brièvement la génétique quantitative appliquée à l'animal dans une perspective de sa co-construction entre plusieurs disciplines parmi lesquelles les sciences biologiques ne peuvent pas être ignorées. Ensuite, après avoir argumenté sur l'invisibilisation des pratiques de mesure dans le système d'évaluation génétique moderne, je propose au lecteur d'ouvrir cette boîte noire et de comprendre comment la vache participe à sa propre métrologie. Ensuite, j'explique une chaîne de 'traduction'⁴⁰ longue et complexe entre les vaches comme objets de mesure et le taureau comme bénéficiaire final de la valeur génétique. Enfin, je montre comment l'index chiffré devient le maillon le plus important de la chaîne de la sélection bovine en recevant le statut de standard national aussi bien technique que politique et économique. Tout au long, à chaque étape le lecteur constatera les renégociations des conventions sociotechniques dans lesquelles la vache 'invisible' participe discrètement, en creux, en posant des contraintes et en imposant certaines règles de fonctionnement à la machinerie de la quantification.

2.1.1. La construction interdisciplinaire de la génétique animale

En essayant de comprendre la place de la génétique quantitative appliquée aux bovins dans le panorama disciplinaire, j'ai établi une sorte de généalogie qui reflète d'une part l'émergence et le développement des connaissances scientifiques sur le vivant et d'autre part les liens actuels qui existent entre les disciplines autour de la génétique quantitative (Fig. 36). Cette démarche n'était pas initialement guidée par une volonté de construction analytique, mais plutôt d'une simple compréhension profane. L'encyclopédie libre en ligne connue de tous – Wikipédia – est une source d'information optimale dans cette situation. Dans sa version anglaise, Wikipédia propose une définition de la génétique quantitative qui par la facilité de

⁴⁰ Le concept de 'traduction' développé initialement par le philosophe Michel Serre a été introduit dans la sociologie des sciences par Michel Callon et ses collègues sociologues de l'Ecole des Mines (Akrich, Callon, et Latour 2006). Il joue un important rôle dans le devenir des STS et se définit comme suit : « Par la traduction on entend l'ensemble des négociations, des intrigues, des actes de persuasion, des calculs, des violences grâce à quoi un acteur ou une force se permet ou se fait attribuer l'autorité de parler ou d'agir au nom d'un autre acteur ou d'une autre force » (Callon et Latour 2006).

navigation croisée mène rapidement à une arborescence disciplinaire ascendante. J'en ai sorti un arbre généalogique que j'ai complété par mes observations auprès des généticiens quantitatifs durant mes années de présence à leurs côtés, ainsi que par mes différentes lectures. Je me suis dit qu'il devait refléter une certaine réalité des choses. Le caractère extrêmement hybride de la discipline (qui d'ailleurs permet de se poser la question de la « crise » du système disciplinaire dont parlent Boutier, Passeron et Revel (2006)⁴¹), ainsi que sa polyvalence permettent d'utiliser le langage de la génétique et de dire que son ADN est composé en grande partie des gènes des sciences biologiques (en vert sur le schéma Fig. 36).

Le lien intrinsèque des pratiques quantitatives de la génétique avec la nature biologique de son objet peut également être vu au regard des outils analytiques des STS tels que *la théorie de l'acteur-réseau* (Callon 1986 ; Akrich, Callon, et Latour 2006) et la notion de *co-production* des connaissances (Jasanoff 2004). De même, les Animal Studies qui postulent sur le statut de l'animal comme organisme biologique doté de réflexivité et de capacité d'action, le considèrent naturellement en tant que participant à part entière des activités humaines liées à la sélection. Mais ce qui peut paraître évident aux chercheurs travaillant dans ces cadres, ne l'est pas forcément pour les autres. Tout au long de ce chapitre, j'apporterai donc des arguments qui permettent d'affirmer que la vache a en effet sa propre façon de ne pas rester passive dans le processus de sa quantification et qu'elle résiste et à sa transformation en objet inerte et prévisible par les calculs rationnels. Comme l'a exprimé un des généticiens spécialistes de la génomique et des technologies de séquençage et de génotypage, « on voit régulièrement qu'on a l'air de buter un peu comme si quelque chose nous échappait » (entretien AE). Le côté « anarchique » du vivant, selon l'expression de Jean-Jacques Kupiec, biologiste français et un des critiques de la génétique comme discipline scientifique, est de plus en plus affirmé par les scientifiques des disciplines biologiques. Ils en font argument soit pour remettre en question les fondements théoriques de la discipline basés sur le principe de déterminisme génétique comme le fait Kupiec lui-même (Kupiec et Sonigo 2003; Kupiec 2019), soit pour relever un nouveau défi en proposant des méthodes ad hoc pour répondre à la problématique de l'héritabilité non génétique (David et Ricard 2019). Les généticiens quantitatifs sont plus 'probabilistes' que 'déterministes' dans leurs approches scientifiques du

⁴¹ « Le système des disciplines qui a fait (ou semblé faire) coexister un temps une organisation des mondes savants, une pédagogie efficace de la transmission [...] des chances de découverte, se trouve profondément bouleversé non seulement par le renouvellement des fonctions sociales de la science, mais aussi, dans l'histoire interne des problématiques de recherche, par une subdivision toujours plus poussée des spécialisations disciplinaires et l'émergence simultanée de paradigmes trans- ou interdisciplinaires . »

vivant. Ils affrontent sa complexité « anarchique » par des méthodes statistiques en essayant de saisir dans leurs calculs le plus de variables possible.

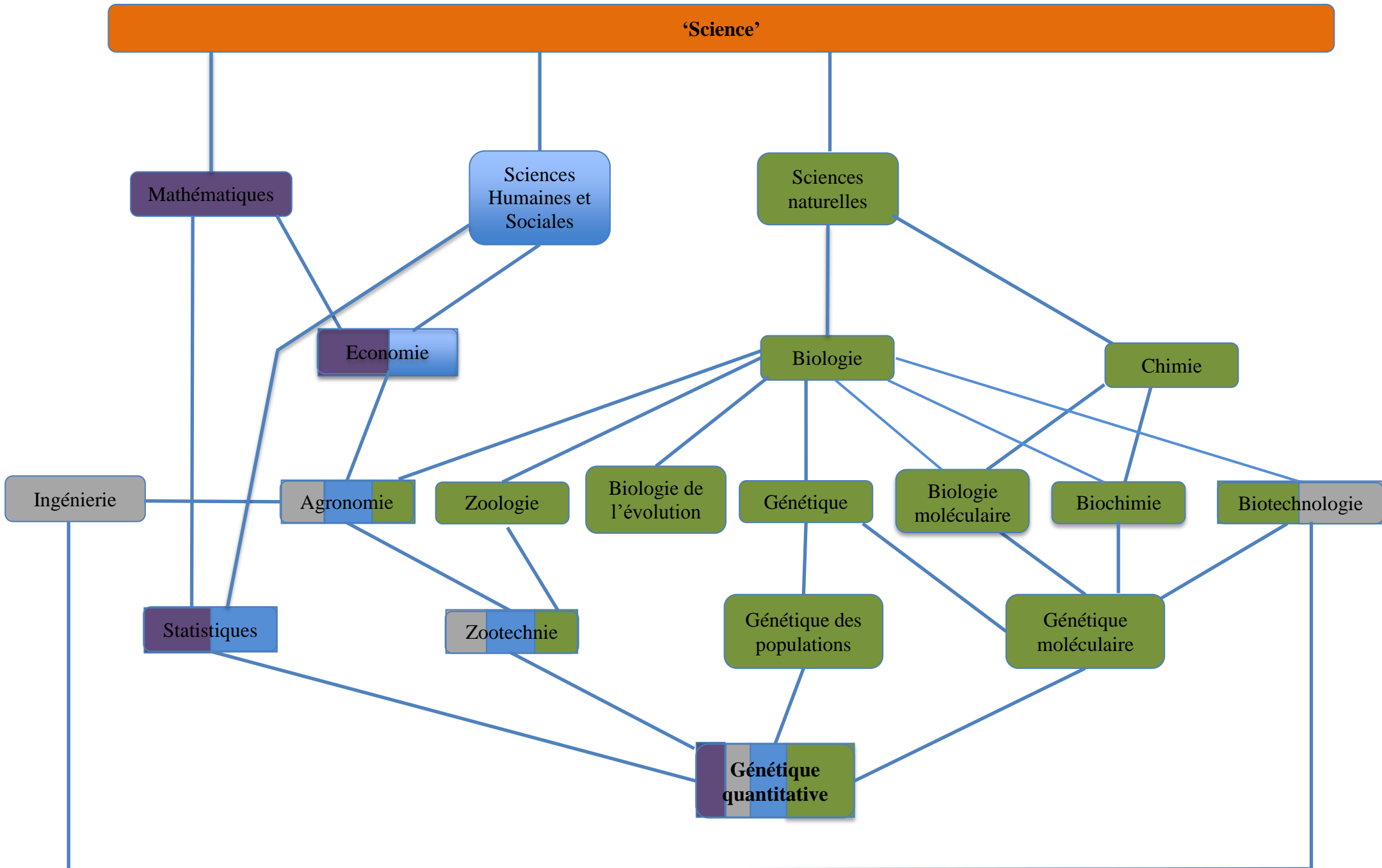


Fig. 36 La généalogie disciplinaire de la génétique quantitative. Les sciences dites 'de la vie' ou biologiques sont représentée en vert. Les sciences humaines et sociales en bleu, les mathématiques en violet et celles de l'ingénieur en gris.

2.1.2. Lait de vache... vache de ferme... ferme ta boîte⁴² : mettre la mesure de la vache dans une 'boîte noire'

« La quantification se décompose en deux moments : convenir et mesurer. Le premier, souvent méconnu des utilisateurs, est au moins aussi important que le second. » (Desrosières 2014, 39)

Alain Desrosières, le sociologue de la statistique et statisticien lui-même, distingue les processus de *quantification* et de *mesure*. Il emploie le mot *quantifier* dans le sens large, générique et non-normatif d'« exprimer et faire exister sous une forme numérique ce qui, auparavant, était exprimé par des mots et non par des nombres. » *Mesurer* suppose, en revanche, que quelque chose préexiste déjà sous forme mesurable avec une métrique établie. D'où l'intérêt de prêter attention à la 'fabrication' de ces choses mesurables et de leurs métriques qui nécessite des « conventions d'équivalence préalables, impliquant des comparaisons, des négociations, des compromis, des traductions, des inscriptions, des codages, des procédures codifiées et répliquables conduisant à la mise en nombre. » (Desrosières 2014, p. 38)

Il est exact que l'étape d'établissement de telles conventions est très peu prise en compte par beaucoup d'acteurs de la sélection bovine. Ce n'est pas qu'elle soit méconnue d'eux, mais enfermée dans une 'boîte noire', elle leur paraît tellement aller de soi qu'ils y accordent beaucoup moins d'importance qu'au résultat des calculs. Les vaches étant 'enfermées' dans des systèmes industriels de production (cf. paragraphe 1.2.2. du chapitre précédent), la mesure de leurs performances l'est aussi. A l'étape de calcul des valeurs génétiques, externalisée dans des centres de calcul spécialisés, la vache arrive déjà sous forme de chiffres, d'informations codées et stockées dans des bases de données d'où elles sont extraites avec des logiques propres aux modélisateurs.

La quantification, comme le souligne Porter (1995), crée de l'impersonnalité, ou peut-on dire dans le cas des bovins de 'l'invacheté'. La vache devient un objet virtuel, une série de formules et de chiffres, similaires à ceux utilisés pour d'autres objets soumis à la mesure statistique. On y retrouve des moyennes, des corrélations, des variances, des indices de fiabilité, etc. Les chercheurs dont une grande partie me confiait lors des entretiens avoir rêvé

⁴² Extrait de la chanson d'enfant « Trois petits chats » inspirée du jeu des 'queues'. Fait suite à la séquence citée dans le paragraphe 1.2.2. du chapitre précédent

de travailler en contact avec les animaux en tant que vétérinaires ou éleveurs, se retrouvent *in fine* derrière leurs écrans d'ordinateurs à manipuler des modèles mathématiques.

C'est là qu'on peut faire une distinction entre les acteurs de la génétique quantitative qui ont une vision plutôt globale du processus de quantification du vivant à partir de la mesure en amont des calculs et ceux pour qui compte uniquement le résultat final de la mesure intégrable dans les modèles. Ces derniers, les purs mathématiciens, ne s'intéressent pas a priori à l'animalité de leur objet de calcul. Les premiers, en revanche, voient dans le processus de mesure une étape cruciale de la quantification des animaux, où s'exprime une complexité non seulement de l'objet biologique mesuré, mais aussi du système tout entier qui comprend également les intérêts des éleveurs et ceux des marchés nationaux et internationaux. L'objectif des méthodes de la génétique quantitative étant le même : prédire de la manière la plus universelle possible les valeurs génétiques des animaux impliqués dans la production – les nuances sont dans la prise en compte de l'amont et de l'aval du processus de calcul lui-même. Les acteurs que je mets en avant dans cette thèse sont justement les généticiens qui ont développé une compréhension holistique de la quantification. Sans leur donner l'exclusivité absolue, je prête particulièrement attention à leurs compétences d'ouverture des 'boîtes noires' des systèmes de sélection bovine lorsqu'ils déploient leurs actions dans des différentes arènes de la sélection bovine face aux enjeux de globalisation.

'Enfermé' dans les boîtes noires des systèmes industriels, l'animal de ferme était pendant très longtemps absent des travaux sociologiques. Depuis quelques années, il vient de plus en plus interroger les chercheurs en sciences humaines et sociales, à partir de son rôle dans l'anthropocène dans lequel il coexiste avec l'homme et à la construction duquel il participe depuis des millénaires (Porcher 2004; 2007; Porcher et Schmitt 2010; Despret 2016; Doré et Michalon 2017; Pearson 2017; Novek 2005). Certains de ces travaux ont même formé, comme je l'ai mentionné dans l'introduction, un champ d'études à part au sein des SHS : Animal Studies (Kalof 2017). L'historien Chris Pearson (2017) montre comment les animaux, tels que les chevaux, ont façonné la société et son développement tout au long de l'histoire. Sans être « politiques » dans leurs actes, comme peuvent l'être les humains, les animaux ont une capacité de défier le paradigme d'anthropocentrisme. Jocelyne Porcher développe dans ses travaux une analyse de la collaboration au travail entre les éleveurs et les animaux. Que ce soit dans des systèmes 'de production' ou 'd'élevage' (qu'elle distingue pour souligner deux visions différentes de l'activité humaine impliquant l'animal), les vaches laitières ou les porcs sont, comme montrent ses enquêtes de terrain, des parties prenantes des processus interrelationnels de travail à la ferme. Antoine Doré et Jérôme Michalon (2017) ont également

mis en lumière le lien organisationnel entre l'homme et l'animal au sein des agencements qu'ils appellent 'anthrozootechniques'. Adel Selmi et Pierre-Benoît Joly (2014 ; cf. également Selmi, Joly et Ramondet 2014) analysent au travers des *agencements socio-bio-techniques* la production de connaissances au sein des sciences zootechniques et génétiques. Ils montrent que la façon de connaître les animaux dépend entre autres de leurs ontologies propres.

Donc, comme à la ferme « les vaches *font des choses*, en prenant des décisions et des initiatives, en facilitant ou en compliquant le travail des éleveurs » (Porcher et Schmitt 2010), elles participent également et inévitablement à leur propre métrologie aux côtés des acteurs humains. A l'exemple de la production des coquilles Saint-Jacques dans la baie de St Brieuc analysée par Michel Callon (1986) dans son travail fondateur de la sociologie de la traduction, les productions animales sont un résultat de négociations et de renégociations permanentes entre les acteurs humains et non-humains (notamment les animaux) pour le fonctionnement du réseau de la sélection. Il s'agit notamment d'établir des chaînes de traduction entre la vache en tant qu'animal et le besoin de l'homme d'avoir telle ou telle quantité de lait de telle ou telle qualité. Cette chaîne passe par la création de la valeur économique de la vache et donc par une aptitude de la vache à produire, certes, mais aussi à être mesurée. C'est parce que la vache peut vèler qu'on peut mesurer sur une échelle de 1 à 5 la facilité de vêlage. Parce que la vache donne du lait qu'on mesure sa quantité en nombre de litres, de kilogrammes, de livres par jour, par mois, par an, etc. Et parce qu'elle mange et transforme les aliments en nutriments contenus dans son lait (en premier lieu pour son veau) qu'on peut aussi mesurer sa teneur en matière grasse et en protéines.

On appelle tout cela (et bien d'autres choses que 'font' les vaches) les *performances*. Ce mot qui relève de la culture industrielle a remplacé plus ou moins le mot *phénotype* dans la caractérisation des traits observés relatifs à l'intérêt économique des animaux. La quantification du phénotype de l'animal passe par la mesure de ses *performances*. Alain Desrosières (2014) nous rappelle l'ubiquité de cette procédure dans le monde régi par la culture industrielle. Il souligne son effet pervers sur les acteurs qui se focalisent sur les résultats numériques (indicateurs ou index) et oublient l'importance de l'action en elle-même. D'où l'intérêt d'évoquer de manière plus explicite l'autre dimension de la quantification : la convention *socio-bio-technique* qui accompagne les actes de mesure. L'animal comme organisme vivant qui tend à échapper à la rationalisation, impose la réouverture des boîtes noires de la mesure à chaque fois qu'on estime qu'elles sont fermées de façon irréversible, à chaque fois qu'il y a un 'conflit' entre l'index numérique calculé (valeur génétique estimée) et la réalité observable (phénotype ou performance). Une réouverture des boîtes noires de la

mesure a notamment été nécessaire avec l'internationalisation de la sélection bovine, dont je parle dans le chapitre suivant, afin de rendre comparables les valeurs génétiques d'animaux issus des différents pays. Il faut bien prendre un aperçu des processus métrologiques pour mieux comprendre les enjeux de la globalisation auquel font face les agencements bovins nationaux et qui mènent à leur reconfiguration.

2.1.3. Comment mesure-t-on la vache ? L'ouverture de la boîte noire de la métrologie bovine

Dans le processus d'évaluation de l'animal en vue de son intégration efficace dans des circuits économiques, les premières appréciations sont visuelles, très approximatives et concernent principalement sa morphologie. A la fin du XVIII^e siècle, la taille est le critère principal de la sélection au début de sa conceptualisation méthodologique en Angleterre. Comme l'affirme avec humour Baron Rowland Ernle, un expert agricole britannique du début du XX^e siècle, « le seau et la charrue fournissaient la mesure » (cité par Vissac 2002, p. 103). Au fur et à mesure du développement du marché dans une perspective de concurrence, d'amélioration et de diversification de performances valorisées économiquement, les mesures se sont complexifiées au sein d'un processus d'objectivation quantitative. Les garanties précises et objectives que les éleveurs, les sélectionneurs, les scientifiques et l'État ont construites naissent à leur tour à partir des actes de mesure réguliers, standardisés et précis.

La production de lait, performance économique principale, est mesurée en premier. Ce qu'on appelle maintenant 'le contrôle laitier' se met en place progressivement et en pointillé à partir de la fin du XIX^e siècle. Le site de l'organisation internationale ICAR (International Committee for Animal Recording) a établi une chronologie de l'apparition des premières pratiques du contrôle laitier par pays. Aux États-Unis, on note les premières mesures de quantité de lait à partir de 1883. C'est en revanche au Danemark et en France que cette pratique devient affaire organisée et coordonnée collectivement au début du XX^e siècle⁴³. Un moment des plus fastidieux et en même temps des plus cruciaux dans le processus de quantification est la mise en équivalence des mesures (Desrosières 2014). Cette recherche de consensus pour établir une mesure universelle est souvent longue et l'universalité est rarement atteinte (O'Connel 1993). Entre les différentes unités de mesures (litres, livres, kilogrammes), la périodicité (deux fois par jour, une fois par jour, une fois par semaine) ou la durée des relevés (300, 305, 310 jours de lactation de la vache ou sur l'année entière), la normalisation

⁴³ www.icar.org, consulté le 21 juillet 2019

du contrôle laitier est une affaire complexe lorsqu'elle est encadrée par des dispositifs réglementaires étatiques et plus encore lorsque le système s'internationalise et se libéralise. D'après l'ICAR, entre l'idée d'homogénéisation des pratiques du contrôle laitier et les premières tentatives de les homogénéiser entre les pays, il a fallu presque 30 ans. Actuellement, l'ICAR en tant qu'organisation internationale élabore des standards pour homogénéiser les mesures de performances, mais la réalité des pratiques dans des différents systèmes de production fait qu'on est toujours obligé de tenir compte de la diversité à plusieurs niveaux.

« On a l'impression qu'un litre de lait c'est toujours un litre de lait. Mais il y a des protocoles de contrôle laitier qui sont derrière. Il y a des endroits où on prend les données d'une collecte par jour et on estime derrière le taux journalier. Il y en a d'autres qui utilisent les robots et donc qui ont les données sur chaque collecte. Tout cela fait que la performance à la base peut être différente. ICAR propose un standard. Mais on essaie de garder la souplesse. Quand on dit harmonisation, il y a plusieurs méthodes. Il y en a un « A4 » en contrôle laitier : tous les mois c'est standard. Après, on a des méthodes de reconstitution pour toutes les 5, 6, 7, 8, 9 semaines. On perd en précision, mais bon. Les pays adaptent aussi les méthodes en fonction des contextes économiques, climatiques, technologiques, physiologiques, etc. » (entretien SM)

Plus tard, l'importance économique d'autres caractères, notamment morphologiques et physiologiques, a été reconnue non seulement pour leur conformité aux standards de la race, mais aussi pour leur lien avec la capacité de production de la vache. On peut ainsi lire dans un manuel de méthode de pointage (mesure)⁴⁴ :

« La Largeur et la Profondeur de Poitrine conditionnent la capacité respiratoire et donc le métabolisme de production laitière (500 litres de sang doivent passer dans la mamelle pour « fabriquer » 1 litre de lait). »

Le besoin d'objectiver les caractères continus pour pouvoir les contrôler et les changer par le processus de sélection, implique la nécessité de les mesurer. Les associations de race ont

⁴⁴ Table de pointage de la race Montbéliarde. Source : www.montbeliarde.org, consulté le 25/07/2019

été chargées à un moment de constituer des ‘tables de pointages’ pour y inclure une sorte de nomenclature de valeurs numériques en fonction de l’appréciation visuelle (cf. Fig. 37)

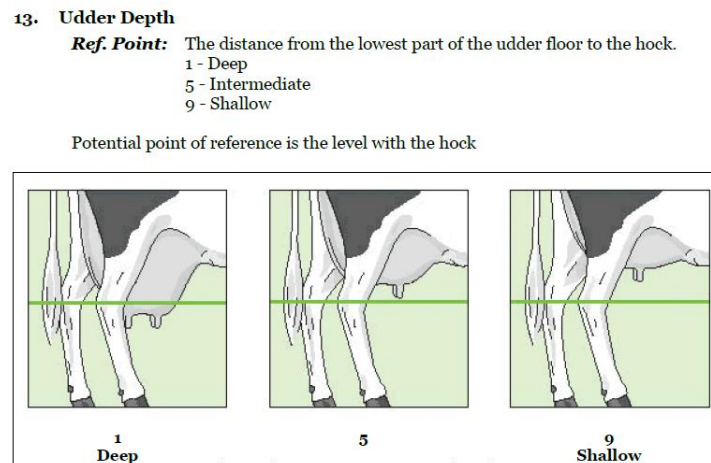


Fig. 37 Equilibre des mamelles. Exemple d'un des postes de la table de pointage de la race Holstein-Frisonne, standard de pointage international approuvé par ICAR (International Committee for Animal Recording).

Source : ICAR guidelines for conformation recording of dairy cattle, beef cattle, dual purpose cattle and dairy goats. Version 2018

Standardiser l'évaluation des caractères qualitatifs, c'est-à-dire ceux qui ne sont pas mesurables directement avec des unités métriques reconnues, mais qui se définissent plutôt par une description verbale, est d'autant plus difficile que le facteur humain de perception subjective est présent. Les tables de pointage explicatives et détaillées (entre 15 et 73 pages en fonction des races en France, par exemple) sont mises en place par les associations de race au niveau national et des spécialistes de pointage sont formés. 'Pointeur' devient un métier. Nous verrons également dans les chapitres à venir les enjeux liés à l'expansion internationale de la race et les difficultés qu'elle entraîne pour concilier les différentes compréhensions des caractères qualitatifs et les façons de les mesurer. Par exemple, le caractère de longévité est mesuré de cinq manières différentes en Europe, ce qui révèle les disparités dans la définition de cette notion au sein des différents agencements construits autour de l'animal industriel.

Les mesures effectuées sur l'animal deviennent de plus en plus sophistiquées et automatisées. La vache 'connectée' est dorénavant une réalité. Dotée de capteurs multiples, elle transmet directement sur l'ordinateur de l'éleveur les informations sur son état physiologique sous forme de chiffres, de graphiques, de tables. Le contact entre l'animal et son éleveur se passe par l'intermédiaire des chiffres (Fig. 38).

The connected cow

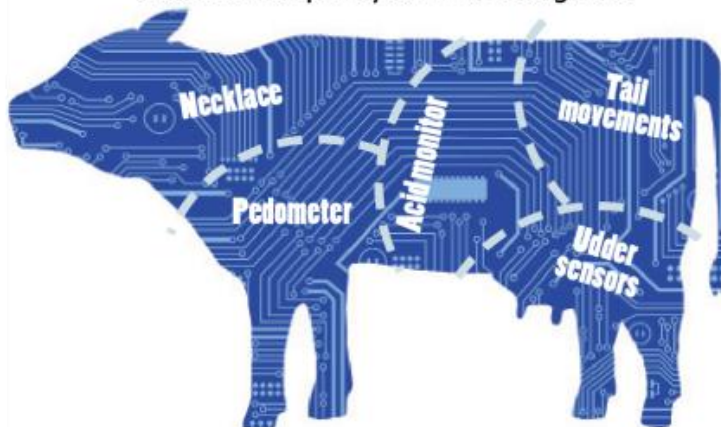
Necklace

Connecterra, a Dutch company, makes Fitbit-style necklaces that monitor a cow's movement and feeding habits. The sensor can be used to detect health problems and to tell when the cow is in heat, so that insemination can happen at an optimum time.

Pedometer

Afimilk, based in Israel, makes a pedometer for cows. Cows typi-

'One of the most important issues is to control and increase the quality of milk through IoT'



cally increase their walking as they come into oestrus, so the pedometer alerts farmers to the best time for insemination.

Acid monitor

Well Cow, a British company, has developed a bolus that is inserted into the cow's rumen to monitor acidity

levels. This helps detect digestive problems.

Udder sensors

Automatic milking systems, such as US-based

Lely's Astronaut, can be equipped with sensors to monitor the quality of the milk and check for signs of mastitis.

Tail movements

Moocall, an Irish company, makes a birthing sensor that attaches to the tail. It measures tail movements triggered by labour contractions, and sends a farmer an SMS alert approximately one hour before a cow is due to calve.

Picture: iStock

Fig. 38 La vache connectée. Source : <https://www.ft.com/content/2db7e742-7204-11e7-93ff-99f383b09ff9>

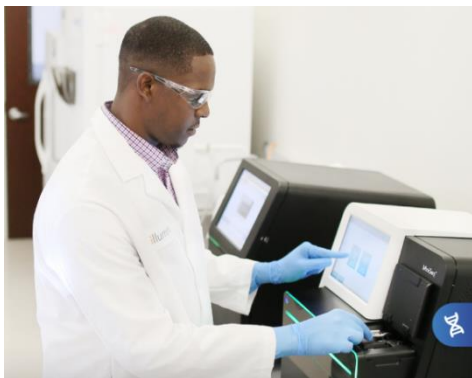
Le capteur de température placé sur la vache alerte l'éleveur par intermédiaire de l'ordinateur sur son bureau, du smartphone dans sa poche ou de la montre sur son poignet que la vache est prête à être inséminée/gestante/malade. Les capteurs placés sur la mamelle de la vache et connectés à un programme *ad hoc* mesurent la qualité du lait et la quantité des cellules somatiques qui engendrent un risque de mammite.

L'essor des biotechnologies a ouvert la possibilité de mesurer l'animal et sa production au niveau moléculaire. La mesure de la matière grasse et protéique du lait se fait de plus en plus automatiquement par l'analyse chimique directement dans la tuyauterie raccordée au système de traite (Fig. 39).

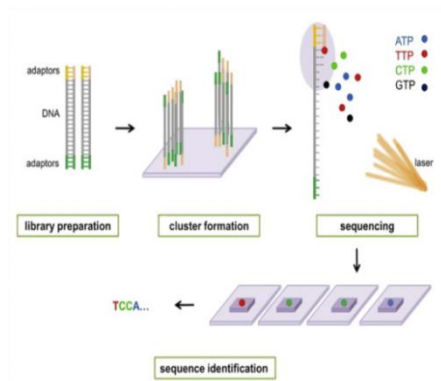


Fig. 39 Le robot de traite d'un des leaders sur le marché de l'équipement d'élevage laitier DeLaval ®.
 « Le VMS™ V300 intègre DeLaval InControl™, la nouvelle interface utilisateur permettant d'accéder à l'information et de contrôler le système à distance. [...] "Vous pouvez avoir une vie de famille classique, vous et vos employés pouvez avoir des horaires de travail normaux. Il sera plus facile d'être éleveur dans le futur",
 Søren Højgaard Andersen, propriétaire d'un DeLaval VMS™ V300 au Danemark. »
Source : le site corporatif de DeLaval ®

L'ADN de l'animal est scanné par des appareils hautement technologiques à partir d'un échantillon biologique (poil, sang, morceau de cartilage), à l'appui des techniques de séquençage et de génotypage (Fig. 40).



(1)



(2)



(3)

Fig. 40 Le processus de séquençage/génotypage du génome sur le matériel du leader mondial de l'équipement scientifique pour l'analyse du génome Illumina®.

Source des images: le site corporatif d'Illumina®

L'ADN préparé de l'animal est placé dans la machine (1) où il est 'scanné' pour repérer des marqueurs moléculaires (2) ; l'information ainsi reçue est mise sur la puce dite 'à ADN' ou 'génomique' (3).

Néanmoins, comme nous le rappelle l'historien et le philosophe des sciences Simon Schaffer (2015) « l'idée d'un progrès linéaire de la précision comme élément d'un ordre moderne inévitable » est réfutable : l'historicité de l'acte de mesure souligne l'importance de ces « rituels » (p. 435). « Les techniques de mesure, dit-il, dépendent toujours du truchement complexe d'instruments, d'outils et de praticiens, et elles sont incorporées dans des systèmes de rituels simultanément partagés et discutables. Faire évoluer ou coïncider ces systèmes n'est ni facile ni évident en soi. » (p. 410) Comme tout acte de valuation, l'acte de mesure est forcément situé dans le temps et dans l'espace. Il résiste ainsi à l'universalisation, même si la standardisation des instruments le rend en apparence plus apte à être compris et opéré de la même manière partout. Lorsqu'il s'agit de la vache, animal qui fait partie de la vie en société depuis des millénaires et dont les pratiques d'élevage suivent un principe de cumulativité ou de 'mémorisation-information' (Vissac 1993), la question de l'universalisation des mesures devient inévitablement un sujet complexe scientifiquement, politiquement et économiquement.

2.1.4. Calculer la valeur génétique du taureau à partir des mesures effectuées sur les vaches. Un long chemin de confiance

Le processus d'attribution d'une valeur génétique à un taureau-reproducteur dans le schéma de sélection génétique se repose sur l'épreuve de la descendance, généralement désignée '*testage sur descendance*'. Le taureau étant considéré comme porteur du progrès génétique qu'il distribue via sa semence, se retrouve ainsi bénéficiaire principal de la valeur qu'elle soit génétique ou capitaliste⁴⁵. Le processus d'évaluation sur descendance est long, coûteux et complexe, comme nous pouvons l'apercevoir sur le schéma ci-dessous (Fig. 41).

⁴⁵ Cette situation est en train de changer actuellement avec la sélection dite 'génomique', où on estime de plus en plus pertinent d'évaluer aussi les femelles. Je l'évoque plus loin dans ce chapitre.

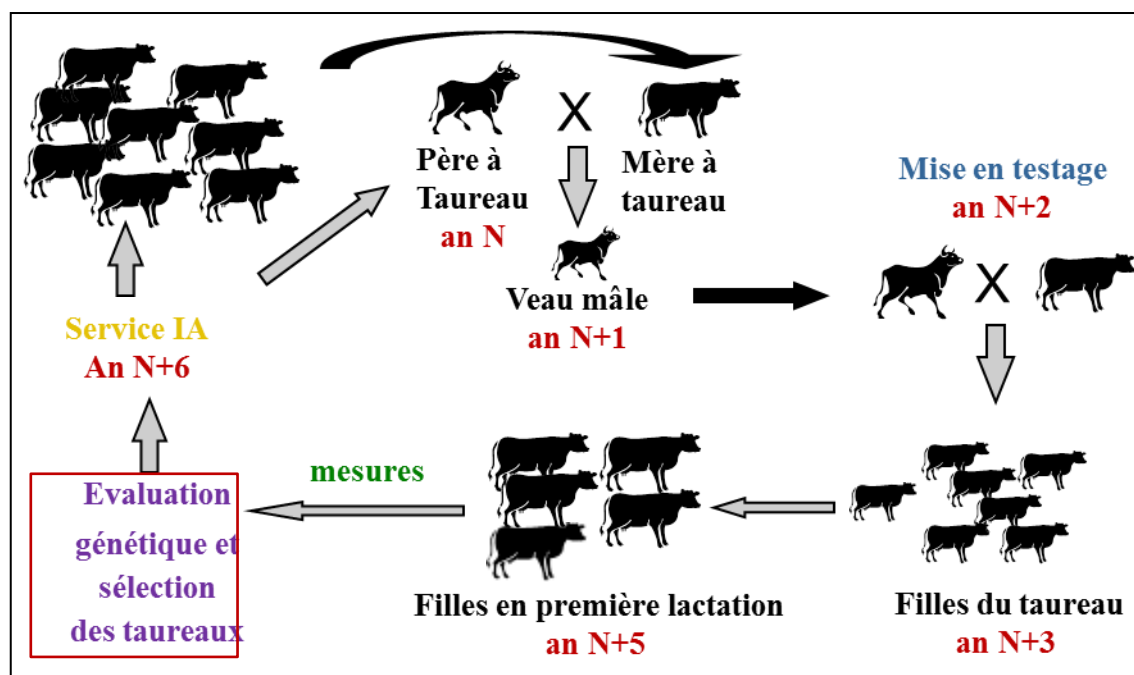


Fig. 41 Schéma type de testage sur descendance (avec mes remerciements à Vincent Ducrocq)

Le veau mâle qui naît déjà présélectionné sur les valeurs de ses parents (voie ascendante) est mis en testage à 15 mois. C'est-à-dire que son sperme est utilisé pour inséminer des vaches qui vont donner naissance à des veaux dont les femelles seront inséminées à leur tour. Lorsque les vaches donnent naissance à des veaux, leur lactation commence et les mesures de leurs 'performances' se mettent en place. Les informations sont scrupuleusement enregistrées et envoyées dans une base de données centralisée. Les données sur une centaine de femelles filles du taureau recueillies sur la première année de leur lactation servent à calculer la valeur génétique du taureau-reproducteur. Le nombre de caractères d'intérêt varie en fonction des races et des schémas de sélection. Au niveau du standard international promu par ICAR, il s'agit de quarante caractères répartis en catégories de :

- production (quantité de lait, taux de matière grasse, taux de protéines) ;
- physiologie (santé, par exemple, le taux de cellules somatiques dans le lait révélatrices des mammites dites 'sub-cliniques' ; reproduction, comme le taux de conception, la facilité de vêlage, la longévité) ;
- morphologie (taille de l'animal, forme et positionnement des différentes parties de son corps, notamment de la mamelle et des trayons).

Cela correspond, souvenons-nous, aux index présentés dans les catalogues de vente de semence (cf. section 1.3 du chapitre 1). En effet, c'est à partir de ces mesures (que l'on suppose déjà standardisées, c'est-à-dire ayant passé l'étape de la construction d'une

convention d'équivalence) d'une centaine de filles intégrées dans des différents élevages que les généticiens quantitatifs peuvent calculer ces index attribués au taureau père.

Comme le souligne Ducrocq (2020), « une évaluation génétique de qualité nécessite une bonne appréciation des conséquences pratiques d'un mauvais choix du modèle statistique. » La création du modèle est pré-conditionnée par plusieurs choix que le généticien doit être capable de faire en utilisant ses compétences et ses connaissances hybrides en génétique, en statistique, en zootechnie, etc. (cf. schéma du positionnement disciplinaire de la génétique quantitative Fig. 36). Premièrement, il s'agit de se rapporter à une série d'hypothèses génétiques et statistiques. Avec les hypothèses génétiques, on suppose généralement, d'une part que le déterminisme des caractères étudiés est polygénique, et d'autre part qu'un descendant reçoit la moitié de ses gènes de chacun de ses parents et que leur répartition allélique est aléatoire. Les hypothèses statistiques sont encadrées avant tout par la loi des grands nombres qui nous dit alors que la valeur génétique (égale à la somme des effets de tous ces gènes) suit une loi normale ou une distribution de Gauss, avec une moyenne qu'on suppose nulle et d'une variance (génétique) caractéristique de l'héritabilité du caractère (Fig. 42)

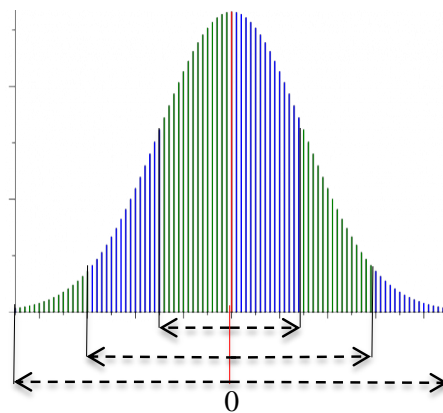


Fig. 42 Courbe de Gauss, représentant la distribution de valeurs numériques selon la loi dite Normale.

Les hypothèses statistiques en génétique quantitative se rapportent notamment au modèle de base qui a été mis en place par le généticien danois Wilhelm Johannsen (1877-1927) qui a introduit en 1911 les concepts de *phénotype*⁴⁶ et de *génotype*⁴⁷. Pour lui, la valeur

⁴⁶ Le *phénotype* est la manière dont un organisme nous apparaît, pour un niveau d'observation donné. En génétique quantitative, les caractères que l'on étudie font l'objet d'une mesure. Dans le milieu professionnel de la sélection, animale ou végétale, on parle également de performance (Verrier, Brabant, et Gallais 2001).

⁴⁷ Le *génotype* est l'ensemble des gènes dans sa structure allélique (un d'origine paternelle et un d'origine maternelle) que possède un individu. (Verrier, Brabant, et Gallais 2001; Sellier, Boichard, et Verrier 2019)

phénotypique se compose de la somme des effets du génotype et de l'environnement (ou du milieu) :

$$P = G + E$$

Les effets du génotype sont calculés grâce à une méthode statistique dont le choix est déterminant. Il est réalisé par les pairs au sein de la communauté de généticiens quantitatifs. Il dépend de l'origine, du nombre et de la qualité des données récoltées. Ainsi, le modèle le plus répandu, appelé '*modèle animal*', suppose que l'effet du génotype provient uniquement de l'animal évalué. D'autres modèles partent de l'hypothèse que les effets génétiques proviennent soit du père ('*modèle père*'), comme c'est le cas des bovins laitiers où l'insémination artificielle permet à un seul taureau d'avoir des milliers de descendants, soit des deux parents ('*modèle père-mère*'), comme dans le cas des porcins, où le nombre de descendants par 'couple' est important, etc. Le choix du modèle dépend donc des caractéristiques de l'animal évalué : (i) des paramètres biologiques de l'espèce qui détermine la physiologie de reproduction et (ii) du rôle que l'animal joue dans les systèmes de productions qui est aussi définie par sa nature biologique. Je détaillerai la question de l'effet du milieu dans la section suivante, en particulier les possibilités de négociation de la prise en compte de ses effets dans des modèles mathématiques.

La méthode la plus reconnue dans la génétique quantitative appliquée à la sélection bovine est la méthode dite BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) élaborée dans les années 1960 par le statisticien américain Charles Roy Henderson (1911-1989). Cette méthode tire sa fiabilité de la prise en compte d'un maximum de variables. En même temps, elle est considérée comme assez flexible pour laisser des marges de négociation dans le processus d'évaluation. Le BLUP permet d'appliquer plusieurs types de modèles, par exemple des modèles dits linéaires pour l'estimation de la valeur sur un caractère à variation continue (mesurable) ou des modèles dits 'à seuil' utilisés pour les paramètres qualitatifs (animal sain/malade, facilité de vêlage notée selon l'échelle de 1 à 5, etc.). Avec le BLUP, il est possible également de varier les échelles d'évaluation allant d'un troupeau au sein d'une ferme au niveau international, comme nous le verrons dans le chapitre suivant.

Pour résumer, les valeurs génétiques du taureau-reproducteur se calculent caractère par caractère avec à chaque fois le choix d'un modèle ad hoc. Du point de vue de la génétique quantitative, encadrée par les lois de la statistique et de l'hérédité, on définit la *valeur génétique* comme une moyenne phénotypique de nombreux individus de même génotype,

exprimée en écart à la moyenne de la population (Verrier, Brabant et Gallais 2001). Autrement dit, elle représente l'espérance de la performance conditionnée par les gènes. Le terme 'espérance' exprime en même temps une *probabilité subjective* ou *épistémique* (sens commun ou générique du terme) et *objective* ou *fréquentiste* (sens mathématique du terme) (Desrosières 2010). Dans son premier sens, la probabilité est une croyance exprimée malgré notre savoir incomplet sur le monde. Dans le second cas, cette incomplétude d'informations est intégrée dans les méthodes de prédiction comme faisant partie de la réalité objective et donc mesurable. On parle alors en statistique d'une marge d'erreur possible qu'on inclue dans les modèles sous forme d'une résiduelle (e) qui représente tous les aléas qui peuvent se produire et avoir un effet (minime) sur le résultat final.

$$\mathbf{P} = \mathbf{G} + \mathbf{E} + \mathbf{e}$$

La confiance que l'utilisateur peut porter à la valeur génétique de l'animal est exprimée, comme nous l'avons vu dans la description des fiches de catalogue des semences bovines (cf. section 1.3), par l'indice CD (coefficient de détermination) dont la valeur placée entre 0 et 1 doit idéalement tendre vers 1 ou 100%.

« La valeur génétique vraie n'est jamais connue, mais sa valeur la plus probable peut être estimée avec une certaine précision. Le coefficient de détermination (CD) constitue la mesure de cette précision et indique le degré de fiabilité qu'on peut accorder à l'index. Un index sur ascendance seule a un CD inférieur à 0,5, [...] tandis que le CD d'un index sur descendance peut atteindre théoriquement 1 si les produits sont très nombreux. »
(IDELE 2012)

A la fin de tout ce processus de calcul, la valeur du taureau mis en testage sur descendance est établie avec tous les 'si' et les 'mais' statistiquement pris en compte. Les sélectionneurs peuvent choisir un taureau sur la base des différents index. Généralement, sur 100 taureaux mis en testage, une dizaine seulement est sélectionnée pour la 'mise en service' en insémination artificielle. A l'an N+5 ou N+6⁴⁸, ces taureaux auront le droit de disséminer leurs gènes très largement en produisant des milliers de doses de semence mises dans les programmes de sélection nationaux et sur le marché international. Des milliers de vaches pourront ainsi donner naissance à une génération suivante 'améliorée'. Et ainsi de suite dans

⁴⁸ Pour les races à l'effectif inférieur à la race Holstein, le délai peut être même plus important et le nombre de taureaux sélectionnés plus petit.

ce processus cyclique de sélection pour augmenter toujours plus les productions agroalimentaires et nourrir l'humanité croissante.

2.1.5. L'index de synthèse – le standard technique, économique et politique de la sélection

Une fois que les index génétiques pour chaque caractère d'intérêt sont calculés, ils sont réunis en un index de synthèse ou Total Merit Index (TMI). La raison de la mise en place d'un tel index est une fois de plus celle de l'efficacité économique. Du point de vue de la génétique, le progrès est plus efficace lorsque la sélection est faite sur la base d'un ensemble de caractères plutôt que sur la base de chacun des caractères séparément. Les schémas (Fig. 43) montrent que la 'qualité' exprimée par la moyenne de la valeur génétique des animaux est supérieure dans le cas (2) où la sélection est faite sur les caractères A+B de manière agrégée (à proportion égale) que dans le cas (1) où le caractère A et le caractère B sont évalués indépendamment.

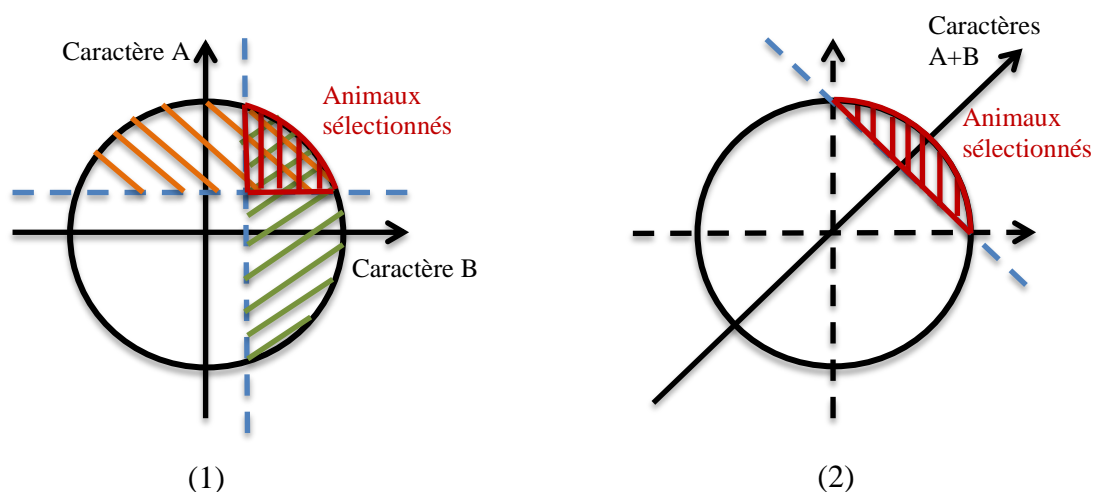


Fig. 43 Sélection faite sur le critère de deux caractères évalués indépendamment (1) et ensemble (2). La zone en orange représente les meilleurs animaux évalués sur le caractère A. Sur le schéma (1), la zone en vert – les meilleurs sur le caractère B. La zone de croisement représente les meilleurs sur les deux caractères pris indépendamment. Sur le schéma (2), la zone en rouge représente le même nombre d'animaux sélectionnés sur les caractères A et B dans leur ensemble.

Le choix des caractères à inclure dans cet ensemble représente une nouvelle étape de la construction de la convention d'équivalence entre les acteurs de la sélection. Elle est encadrée par les objectifs économiques du progrès génétique fixés collectivement. Les valeurs unitaires

inclues dans l'index de synthèse sont pondérées par rapport à leur importance économique pour un schéma de sélection donné. Les programmes d'amélioration génétique étant jusqu'à présent déployés principalement au niveau national, les TMI construits dans chaque pays par des associations de race sont ainsi représentatifs des objectifs économiques nationaux de sélection pour chaque race. Avoir un index synthétique par animal permet d'établir des classements des animaux-reproducteurs relativement simples pour la commercialisation auprès des éleveurs. L'évaluation des taureaux visuelle, portée sur quelques caractères morphologiques, passe ainsi à un autre niveau : des caractères nombreux et invisibles, des calculs sophistiqués, des chiffres abstraits, telles des boîtes noires dont le contenu reste opaque pour les utilisateurs non avertis. Mais les classements fondés sur les index de valeurs agrégées se substituent en quelque sorte à la tradition des concours : leur publication est faite dans des espaces dédiés au sein des médias professionnels (revues, sites Internet) et à des moments précis de l'année liés au cycle de reproduction des animaux pour que les éleveurs puissent prendre en temps et en heure leurs décisions sur l'achat de semence de tel ou tel taureau.

Dans le contexte de l'internationalisation du marché de la génétique, les index agrégés prennent un poids politique dans la compétition entre les standards de sélection dont chacun prétend à une meilleure combinaison de caractères pour une sélection plus efficace. Ils servent alors d'arguments dans la quête d'influence et d'hégémonie économique dans l'espace marchand globalisé. Deux exemples de tels index nationaux 'décomposés' selon le poids de chaque type de caractères sont présentés ci-dessous (Fig. 44). Les deux sont propres aux races laitières. L'index français appelé ISU (Index Synthèse UPRA⁴⁹) et l'index américain NM\$ (Net Merit Dollar) ont une composition différente en termes de caractères d'intérêt : production (en bleu), physiologie et santé (en vert) et morphologie (en orange) pour ne nommer que des principales catégories.

⁴⁹ Les UPRA (Unités nationales de promotion de races) étaient les organismes coopératifs d'éleveurs et de sélectionneurs équivalents des Associations de races. En 2006, elles ont été remplacées dorénavant par les 'Organismes de sélection.'

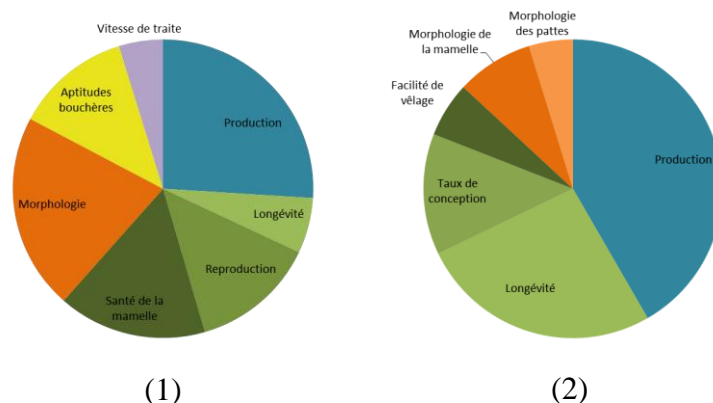


Fig. 44 L'importance respective de différents caractères dans les index de synthèse français ISU 2018 (1) et américain NM\$ 2014 (2).

Sources : www.evolution-xy.fr et aipl.arsusda.gov

Le standard de l'index de synthèse n'est pas figé. Il évolue dans le temps avec les priorités économiques et avec le développement de la technoscience qui apporte de nouvelles connaissances et solutions technologiques pour un 'meilleur' progrès. Ainsi, comme démontré sur l'exemple de l'index national irlandais (Fig. 45), de nouvelles valeurs s'intègrent au fur et à mesure dans l'index global en faisant diminuer le poids de la valeur de la production laitière, dominante et même exclusive au début. En effet, un niveau extrêmement haut de la production laitière individuelle des vaches (autour de 10 000 l/an) est déjà atteint dans beaucoup de pays avec les systèmes développés de la sélection animale. Il est accompagné de solutions technologiques et nutritives *ad hoc*. Les caractères fonctionnels ont pris le pas sur les aptitudes de production dans l'espoir d'une meilleure efficacité des élevages.

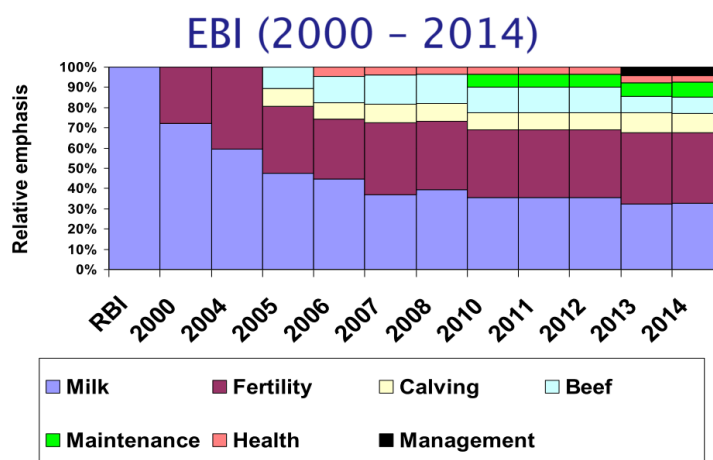


Fig. 45 Evolution des composantes de l'index national irlandais (ICBF, 2015). Source : (Tesnière 2017)

L'efficacité économique de l'index, objectivée par la science de la génétique quantitative est privilégiée dans les systèmes nationaux d'amélioration génétique bovine régis par l'organisation coopérative et encadrée par l'État. Cela est de moins en moins le cas dans le contexte de la globalisation où la promotion des différents standards de sélection se développe dans le cadre d'une concurrence libre entre les acteurs économiques. L'index américain TPITM (Type Production Index) (Fig. 46) a connu une expansion mondiale avec la 'holsteinisation' à partir des années 1960. Il occupe donc depuis un demi-siècle une place hégémonique sur le marché international de la génétique Holstein. Il a été défini par l'Association Holstein USA (HAUSA) comme une marque commerciale (d'où l'extension 'TM' pour 'trade mark' qui accompagne souvent le sigle TPI), et a été utilisé pendant de nombreuses années pour sélectionner les Holstein américaines sur les critères de morphologie et de production. A la différence de l'index NMS (Fig. 44 (2)) mis en place par l'organisation de recherche USDA (United States Department of Agriculture, l'organisme principal de recherche agronomique), plus universellement utilisé pour les races laitières et privilégié dorénavant par les éleveurs états-uniens dans leur activité de sélection au niveau national, le TPITM est surtout promu comme 'gold standard' de la vache idéale pour le classement mondial de la génétique Holstein avec une ambition bien annoncée sur le site de HAUSA :

“TPITM represents HAUSA's vision for feeding the world through the improvement of the domestic and international Holstein population.”

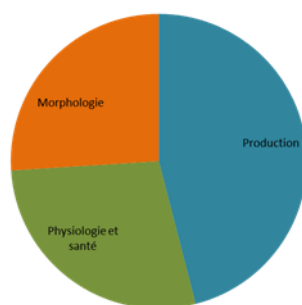


Fig. 46 La composition de l'index américain TPITM (Type Production Index) par type de caractères inclus.

Source : www.hausa.com

Ayant acquis cette place sur le marché mondial, l'index TPITM devient une 'monnaie commune' connue et acceptée par tous et partout. Il reste une référence sur le marché international en dépit de son efficacité économique contestée même aux États-Unis. Comme son nom l'indique, il privilégie la sélection d'une part sur les critères morphologiques ('type'

en anglais) comme garantie de conformation au standard américain de sélection et de système de production (vache grande, angulaire, au pi haut placé et apparent, adaptée au système de production intensive) et d'autre part sur le critère de la production-même, car de nombreux marchés dans le monde fixent toujours leurs objectifs d'amélioration génétique sur l'augmentation des productions laitières en priorité. Bref, comme le disent certains généticiens, il est plus orienté vers un standard de concours désuet que vers une réelle efficacité économique. Très mis en avant par le marketing des vendeurs de semence auprès des éleveurs des pays en développement, le standard TPITM « pénalise », d'après ces mêmes spécialistes de la génétique, surtout ceux « qui ne savent pas », ceux qui n'ont pas de moyens de créer leur propre échelle d'évaluation et se retrouvent dans une position de la dépendance du marché global. Proportionnellement à sa place hégémonique, l'index TPITM est donc aussi très controversé parmi les spécialistes de la sélection. On le voit dans les contestations politico-économiques de la domination américaine sur le marché mondial de la semence Holstein. La revendication d'une politique 'antitrust'⁵⁰ portée par les acteurs industriels et scientifiques européens depuis les années 1970 (cf. les chapitres suivants) conteste la position monopoliste de cet index qui impose aux éleveurs de ces pays le standard de sélection de l'index TPITM comme une évidence, et laisse inaperçus tous les standards concurrents.

La domination du TPITM est contestée non seulement pour des raisons d'équilibre concurrentiel sur le marché. Les trois tensions mises en lumière dans le chapitre précédent, qui marquent de manière générale la sélection moderne – industrialisée et globalisée – se trouvent cristallisées dans cette controverse. L'utilisation du même standard de vache technicisée à l'extrême et intégrée au système de production hors sol, contribue au désancrage de la race et à la perte de sa valeur sociale. La confiance des utilisateurs dans les vertus du marché est de plus en plus compromise par l'expansion d'un standard bovin unique qui n'est pas forcément adapté ni adaptable partout. Enfin, la sélection sur les mêmes caractères partout mène, d'après les généticiens, à une réduction considérable de la variabilité génétique qui met en péril la race elle-même.

Les chapitres suivants de cette thèse visent justement à analyser les différents enjeux de la sélection bovine dans le contexte de la rivalité, politique comme marchande, entre les différents standards d'évaluation génétique exprimés par les index synthétiques des pays

⁵⁰ Ce terme qui s'est largement généralisé pour désigner des actions réglementaires plus ou moins institutionnalisées « qui s'opposent à l'entrave de la libre concurrence pratiquée par des groupements de producteurs visant à bénéficier d'un monopole » (source de la définition : CNRTL), puise ses racines dans la loi adoptée aux Etats-Unis en 1890 contre l'abus de *confiance (trust)* donnée par des adhérents/actionnaires/salariés à une organisation qui agit en leur nom pour obtenir une position dominante.

présents sur le marché global. Pondérée pendant quelques décennies par la mise en place au niveau international d'un service de comparaison de différents index génétiques – Interbull (cf. chapitre 3) – le TPITM a pris sa revanche avec l'arrivée de la nouvelle technologie d'évaluation – la génomique. La section suivante propose au lecteur de prendre connaissance de cette innovation technologique qui marque une rupture considérable dans les pratiques d'amélioration génétique végétale et animale.

2.2. « Une drôle de révolution ! » La promesse technoscientifique de la génomique pour la sélection bovine

Le verbatim d'un de mes interviewés – « c'est une drôle de révolution ! » (entretien AE) - résume assez bien la situation engendrée par l'arrivée de l'innovation génomique dans la sélection bovine. Les avancées fulgurantes dans les connaissances et les pratiques développées ces dernières années sur le génome des organismes vivants provoquent des acclamations enthousiastes et engendrent des promesses et des attentes aussi bien dans leurs implications de la santé humaine (Peerbaye 2004; Bourgain et Gaudillière 2018) que dans la sélection animale et végétale au service de l'agriculture (Schaeffer 2006; Delseny 2009; Guillaume et al. 2011). Des techniques de plus en plus rapides et précises d'obtention et d'analyse d'une grande quantité d'informations sur le génome accélèrent de manière substantielle l'évolution du vivant dictée par les besoins humains, en la rapprochant de ce que produisent les techniques d'ingénierie génétique. C'est d'ailleurs la principale promesse technoscientifique qui rend si 'révolutionnaire' la mise en place de la sélection génomique des bovins : l'accélération du progrès génétique des troupeaux. Regardons ce que la génomique a changé dans la façon de définir la valeur des bovins laitiers et quelles sont ses implications pour la sélection au niveau mondial. Je commence par expliquer les fondements techniques et scientifiques qui ont donné la possibilité d'appliquer la génomique à l'amélioration bovine. Le lecteur comprendra le caractère très relatif de cette rupture technologique qui arrive sur le socle des pratiques préexistantes et s'inscrit dans leur continuité selon le principe de « mémorisation-information » de Bertrand Vissac (1993). Ensuite, j'argumente sur le processus de construction des promesses de la génomique pour le secteur de la sélection bovine. J'utilise le cadre théorique du régime des promesses technoscientifiques (Joly 2015) afin de comprendre les mécanismes qui se mettent en place pour rendre l'innovation acceptable par les acteurs. Le paragraphe suivant sera dédié à la construction de la fiabilité d'évaluation génomique considérée comme une des conditions *sine qua none* de son

‘acceptabilité’ sociale. Dans le cadre du nouveau paradigme génomique promis sans testage sur descendance, comment atteindre une précision équivalente à celle de l’épreuve sur descendance ? Comment objectiver l’invisible ? L’enjeu de données, nécessaires en très grande quantité, devient alors crucial. Nous verrons l’impact de ce nouvel enjeu sur l’organisation globale de la sélection. Enfin en vue des éléments présentés dans cette section, le dernier paragraphe portera un regard critique sur la ‘révolution’ génomique dans la sélection bovine.

2.2.1. ‘Les apprentis sorciers intentionnels’. Les avancées technoscientifiques vers la sélection génomique

“We didn't have any specific project in mind, but one of us, probably tired [laughing], said: oh what about we just try putting markers all over the genome? And we said: yes, it seems a good idea. Three of us worked on simulating data and testing the idea. And we were surprised that it worked very well. » (entretien MG)

Cet extrait de l’entretien avec un des ‘pères’ de la théorie de la sélection génomique met en avant la sérendipité de cette innovation, mais n’enlève rien à son intentionnalité. Pour reprendre l’expression de Pierre-Benoît Joly (2015, p. 43): « *Les technologues sont des apprentis sorciers intentionnels.* » Les prémisses étaient déjà bien là depuis une dizaine d’années au moment où l’article fondateur a été publié en 2001 suite à cette expérience ‘improvisée’ dans un laboratoire australien (Meuwissen, Hayes, et Goddard 2001).

En 1991, le changement de paradigme scientifique a été annoncé dans *Nature* par un des grands spécialistes de la biologie moléculaire, Walter Gilbert, qui travaillait sur les techniques de séquençage du génome (Peerbaye 2004). Il prône dans son article la puissance des techniques développées par la biologie moléculaire qui offrent une nouvelle façon de connaître le vivant à son niveau le plus profond connu jusqu’à présent – le niveau moléculaire. Il prédit notamment l’avènement des ‘big data’ dans les sciences biologiques issues justement des techniques de séquençage et par conséquent d’un environnement de travail radicalement nouveau pour les biologistes et les généticiens : la fin de l’expérimentation in vivo en faveur du travail presque exclusif d’analyses informatiques à haut débit.

Encore plus tôt, dans les années 1980, David Botstein (biologiste moléculaire au MIT) et Ron Davis (biochimiste à Stanford) apportent une contribution importante pour le

développement de la génomique : les marqueurs moléculaires (Peerbaye 2004). Ce sont des points de variation de nucléotides - autrement dit, des mutations - dans les chromosomes qui se répètent chez les individus de la même espèce. On peut donc dire qu'une mutation génétique devient un marqueur si elle est repérable en quantité suffisamment importante au niveau d'une population donnée. Botstein et Davis ont démontré qu'il était possible d'utiliser de tels marqueurs pour border les gènes d'intérêt et que notamment ils étaient très utiles lorsqu'il s'agissait des caractères polygéniques (c'est-à-dire, déterminés par plusieurs gènes). Ces variations peuvent être différentes et plus ou moins faciles à repérer et à typer dans le génome. Une version vulgarisée par les généticiens eux-mêmes de la présentation des types de variation polymorphique est présentée (non exhaustivement) sur la Fig. 47

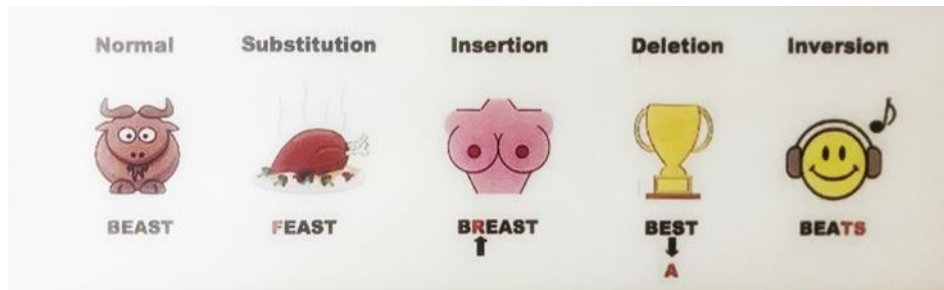


Fig. 47 Analogie linguistique et imagée de types de polymorphismes génétiques (non exhaustif) sur lesquels se placet les marqueurs moléculaires. Dans une séquence de lettre que représentent les mots, des changements survenus (ordre de lettre, ajout ou retrait de lettres) changent la signification de la séquence. C'est le même principe qui agit sur le code génétique : chaque changement d'élément (une mutation) est significatif. Photo prise sur la porte de bureau d'un généticien.

Dans la génétique moléculaire, ce sont principalement les variations appelées 'RFLP' (pour Restriction Fragment Length Polymorphisms), 'microsatellites' et 'SNP' (pour Single Nucleotid Polymorphisms) qui se sont succédées au fil des années dans le rôle de marqueurs. Progressivement, l'avancement des technologies rend le génotypage (placement de marqueurs tout le long du génome) de plus en plus accessible techniquement et économiquement et donc utilisable à grande échelle.

Dans leur application agricole, les microsatellites étaient utilisés à la fin des années 1990 – début des années 2000 pour développer, en particulier en France, ce qu'on appelle la sélection assistée par marqueurs (MAS pour Marker Assisted Selection). Le principe est de repérer à l'aide des marqueurs des régions du génome liés à tel ou tel caractère d'intérêt (QTL pour Quantitative Trait Locus) et de focaliser la sélection sur ces régions. Mais c'était un processus

extrêmement coûteux pour un résultat très peu précis, car les caractères d'intérêt dans les productions bovines sont déterminés en réalité par de nombreux QTL. Néanmoins, cette idée de repérer ce que les généticiens appellent des mutations causales, est toujours dans l'air du temps et attend son heure lorsque les avancées technologiques et scientifiques le permettront. En attendant, après avoir préparé le terrain technologique et social au paradigme suivant de sélection, la sélection assistée par marqueurs avec les microsatellites a fait place à la sélection dite *génomique* avec les SNP (Fig. 48). Il est devenu possible de typer les SNPs en 1999 dans le cadre du projet 'Génome Humain' (Peerbaye 2004). Ils servent de repères plus ou moins informatifs, mais plutôt efficaces quand ils sont nombreux dans le cadre de la sélection actuelle dite génomique.

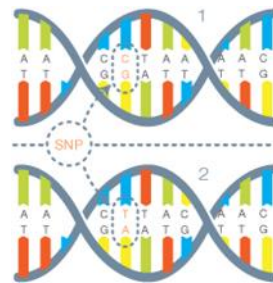


Fig. 48 Single Nucleotide Polymorphism (SNP) est une variation génétique sur une seule base allélique repérable dans la comparaison de plusieurs individus de la même espèce. Ici : la paire de nucléotides CG (1) est remplacée par la paire TA (2).

C'est sur les SNP que la théorie de la sélection génomique se base lorsque Meuwissen, Hayes et Goddard (2001) décident de faire une expérience de marquage de tout le génome sans l'attacher à des zones significatives en particulier. En 2001, ce marquage n'était pas encore disponible commercialement. Il a donc fallu attendre cinq à six ans pour que les moyens techniques deviennent suffisamment puissants et relativement peu coûteux pour pouvoir lancer la première *puce génomique* contenant des milliers de marqueurs SNP (cf. Fig. 40 (3) dans le paragraphe 2.1.3). La puce génomique est une des formes de 'biopuces' : supports inertes miniaturisés (à l'instar des puces électroniques) sur lesquelles de nombreuses informations biologiques contenues dans des molécules bioactives (ici les fragments d'ADN) sont placées. Ces informations peuvent avoir une densité plus ou moins importante. On parle alors des puces à basse (3000 SNP ou 3K), moyenne (54000 SNP ou 54K) et haute densité (600 000 – 800 000 SNP principalement pour des fins de recherche). Les puces génomiques utilisées dans la sélection bovine permettent ainsi d'explorer le génome des reproducteurs potentiels à l'aide de la technique appelée le *génotypage* et d'en choisir les meilleurs.

Cette idée a progressé plus ou moins simultanément dans plusieurs pays : aux États-Unis et au Canada (les deux pays travaillaient ensemble), en France, aux Pays-Bas et en Nouvelle Zélande – les pays où la structure de l'élevage en bovin laitier était suffisamment 'moderne'. La filière de bovins laitiers avec ses pratiques généralisées de l'insémination artificielle, du contrôle de performance et de recueil centralisé de données était en effet la mieux placée pour accueillir le nouveau paradigme technologique de la sélection. Parmi les bovins laitiers, c'est la race Holstein, la plus industrialisée et la plus importante en nombre d'animaux qui est devenue la race-modèle pour recevoir les premières évaluations génomiques.

Sur le plan international, les États-Unis ont pris le leadership dans cette initiative génomique. En 2008, l'USDA a commandé à l'entreprise américaine Illumina® spécialisée dans l'équipement biotechnologique une puce contenant l'information de 54 000 SNP. L'USDA a obtenu ces marqueurs en génotypant des races laitières, allaitantes, ainsi que des zébus dont les échantillons biologiques étaient gardés dans sa banque d'ADN ('DNA repository'). Cette puce prétendait ainsi à un certain universalisme dans le monde de gros ruminants et les marqueurs placés dessus étaient dans le domaine public. La mission d'Illumina® était de commercialiser cette puce 54K le plus largement possible dans le monde :

« Au niveau mondial, cette puce de 54 000 SNP a été aussi le déblocage, le démarrage de tous les projets de sélection génomique en bovins laitiers. Et cette puce est devenue le standard vraiment pour tous les projets de recherche entre autres. Ça a été un phénomène assez incroyable. Tout le monde voulait construire sa population de référence, tout le monde voulait génotyper avec ça. » (entretien AE)

La France, représentée par l'INRA et l'UNCIEA (Union nationale des coopératives d'élevage et d'insémination animale), a rejoint ce projet assez tôt en abandonnant la fabrication de sa propre puce nationale de 30 000 marqueurs et en intégrant quelques-unes des informations manquantes dans la puce américaine. Le pays a eu ainsi le bénéfice de pouvoir démarrer la sélection génomique avant les autres pays européens. Les Pays-Bas et la Nouvelle Zélande, qui ont lancé leurs propres puces génomiques privées en gardant leurs projets secrets, ont dû rejoindre trois ans plus tard toute la communauté internationale des pays 'génomiques' en rachetant également la puce Illumina® américaine. D'autres pays dont les systèmes de sélection étaient prêts à passer à l'étape suivante (l'Allemagne, le Danemark, l'Espagne, l'Italie, la Suède, la Finlande, l'Australie), ont aussi acheté la puce Illumina®.

Avec leur politique de la puce à vocation universelle et libre de droit, les États-Unis ont pu confirmer une fois de plus leur place du pays hégémonique sur le marché de la génétique animale. En revanche, les pays qui se la procurent doivent savoir que la puce génomique en soi ne leur fournit pas automatiquement toute la technologie de la sélection génomique. Les informations issues du génotypage doivent être corrélées aux informations phénotypiques des animaux issues du contrôle de performance. Une *population de référence* ainsi constituée (cf. le paragraphe 2.2.3) est nécessaire pour pouvoir procéder à l'évaluation génomique et aux choix des meilleurs reproducteurs. Ce sont des 'détails' que beaucoup d'acteurs des pays nouveaux sur le terrain génomique ignorent ou oublie de compter dans leurs projets en se focalisant sur la promesse construite par les promoteurs de la technologie.

2.2.2. La construction de promesses technoscientifiques pour la sélection génomique

La conclusion de l'article fondateur de la sélection génomique (Meuwissen, Hayes, et Goddard 2001, p. 1828) présente les avantages potentiels de cette nouvelle méthode :

"By using a dense marker map covering all chromosomes, it is possible to accurately estimate the breeding value of animals that have no phenotypic record of their own and no progeny. [...]

Selection on breeding values predicted from markers could substantially increase the rate of genetic gain in animals and plants [...]." (souligné par LC)

Les auteurs conditionnent aussi ces avantages par un prérequis indispensable :

"This requires the estimation of a large number of marker haplotype effects." (souligné par LC)

Mais ce prérequis dépendait lui-même du développement des technologies de génotypage et de traitement de données à haut débit. Sans ce développement technologique, les promesses exposées dans cet article n'étaient pas prises au sérieux. L'un des auteurs interviewé témoigne (entretien MG):

"Then nobody took any notice of that paper at all until 2006 when they started to make SNP chips and all of this suddenly was possible to implement,"

En 2006, ces promesses ont été réitérées avec davantage de précision dans quelques publications et communications scientifiques. Larry Schaeffer, un généticien canadien de l'Université de Guelph a publié un article dans lequel il donnait entre autres une estimation chiffrée des gains possibles avec la sélection génomique en se basant sur une simulation de données canadiennes :

"Costs of proving bulls were reduced by 92% and genetic change was increased by a factor of 2. Genome-wide selection may become a popular tool for genetic."
(Schaeffer 2006, 218)

La même année, au congrès mondial de la génétique animale WCGALP, Ben Hayes, un des auteurs de l'article fondateur fait une communication (B. J. Hayes, Chamberlain, et Goddard 2006) dont un des généticiens français interviewés parle avec enthousiasme :

« Ben Hayes présentait les premiers résultats de la SG qui étaient assez faux à l'époque (maintenant on voit tous les défauts), mais il n'empêche qu'il démontrait clairement qu'on pouvait avoir avec les outils génomiques les prédictions des valeurs des taureaux avec une précision suffisante pour ne plus avoir besoin de tester. Alors là, pour moi c'était vraiment un choc ! Et pour moi c'était avant 2006 et après 2006. Avant c'est la SAM⁵¹ pour améliorer la présélection avant testage. Et après 2006 : il faut vraiment se donner les moyens d'obtenir une précision élevée de l'ordre de $CD=0,7$ de façon qu'on n'ait plus besoin de testage et à ce moment, au lieu d'avoir un taureau évalué à 5 ans, on a un taureau évalué à 3 mois. » (entretien DB)

Toute cette rhétorique est caractéristique de ce que Pierre-Benoît Joly appelle 'le régime des promesses technoscientifiques' qui est devenu « depuis une quarantaine d'années, le mode de gouvernance des nouvelles technosciences (les biotechnologies et la génomique, les nanotechnologies, les neurosciences, la biologie synthétique, la géo-ingénierie, etc.). » (Joly 2015, p. 36)

⁵¹ Sélection assistée par marqueurs (cf. paragraphe précédent)

« Toute promesse technoscientifique, - poursuit l’auteur, - doit convaincre un large public qu’elle conditionne un avenir meilleur que les solutions alternatives, même si la réalisation de la promesse requiert des transformations majeures, parfois douloureuses. [...] La rhétorique des promesses technoscientifiques impose une solution technique comme point de passage obligé pour résoudre des problèmes essentiels. [...] Une rhétorique de la nouveauté [...] requiert également de disqualifier les approches traditionnelles. » (pp. 35 et 42)

A quel public s’adresse alors la sélection génomique comme innovation avec ses promesses d’‘un avenir meilleur’ ? Avant tout, aux acteurs qui ont fait du progrès génétique leur métier de service et qui le commercialisent sur le marché national et/ou international auprès des éleveurs des troupeaux laitiers. Les éleveurs, en tant qu’utilisateurs finaux, sont restés à l’écart des discussions liées à la mise en œuvre de la génomique qui ne devait pas apporter de grands changements dans leurs pratiques quotidiennes. Un des généticiens français explique :

Il y avait une sorte de continuité de processus : tous les mois, les gens [les éleveurs] avaient leurs index, sauf qu’en septembre ils étaient calculés sur les microsatellites et en octobre à partir des puces génomiques. Pour les usagers ça ne changeait rien.
(entretien DB)

Les index n’ont pas non plus changé d’appellation. Certains des index de synthèse se sont juste vu ajouter un ‘g’ (pour ‘génomique’) pour devenir gTPI, gNVI, etc.

C’est avec l’industrie de l’insémination artificielle que les promesses formulées par les généticiens ont été co-construites : réduction de coûts et augmentation de l’efficacité ont toujours été au cœur des exigences des acteurs économiques soutenus historiquement par les états dans leurs projets d’amélioration des productions. Ce sont eux qui ont contribué financièrement à la mise en place de la sélection génomique après avoir fait des calculs du rapport coûts-bénéfices des perspectives qui s’ouvraient à eux. Dans sa publication de 2006, Larry Schaeffer s’adresse d’ailleurs directement et explicitement aux industriels de l’IA et à leur sensibilité pour la compétition économique :

“The company that adopts this strategy the earliest will have a major start over other companies.” (Schaeffer 2006, p. 219)

Dans le même article, en quelques lignes de la conclusion seulement, l'auteur présente les avantages de l'évaluation génomique en s'inscrivant pleinement dans la rhétorique du régime des promesses technoscientifiques. Il pronostique un gain possible de 23 millions de dollars par an pour l'industrie d'insémination artificielle canadienne. Il « disqualifie », selon l'expression de Pierre-Benoît Joly (2015, p. 36), non seulement l'approche traditionnelle de la sélection par le testage des taureaux sur descendance⁵², mais aussi toutes les solutions alternatives⁵³, met en garde les industriels sur une période de changement un peu dure techniquement et certainement coûteuse⁵⁴ tout en les rassurant sur la baisse de coûts d'investissement technologique dans les années à venir⁵⁵. Il les rassure surtout sur le fait qu'ils n'auront plus à supporter les coûts de contrôle des performances qui, tout en restant nécessaires, seront dorénavant à la charge des éleveurs qui l'utiliseront surtout dans l'objectif de management de leurs troupeaux⁵⁶. Cet article de 2006 a eu un impact relativement important : 384 citations selon World of Science et un peu plus de 800⁵⁷ fois selon Google Scholar, répertoriées surtout à partir de 2008-2009, moment de mise en œuvre de la sélection génomique dans plusieurs pays. Les promesses ont été convaincantes.

En 2008, en France,

« ... en moins d'une semaine, les professionnels, c'était l'UNCEIA⁵⁸ à l'époque [...], donc c'était Maurice Barbezan [son président – LC], ont ou plutôt a donné son accord, enfin un financement finalement, pour le génotypage de 100 000 échantillons. Donc

⁵² “Genetic change can be two times greater than the current progeny testing schemes and the savings in logistical costs could be 92% of today’s costs.” (pp. 222-223)

⁵³ “Genome-wide selection has greater potential than nucleus, multiple ovulation and embryo transfer (MOET), or marker-assisted schemes for making genetic change.” (idem)

⁵⁴ “There will be an initial start-up period for a company in which animals will need to be genotyped so as to estimate the haplotype interval effects. Work will be needed to identify informative SNPs and to write software for constructing haplotypes from the SNP genotypes.” (idem)

⁵⁵ “Costs of genotyping are also likely to decrease over time which would make genome-wide selection more affordable to implement.” (idem)

⁵⁶ “Milk recording programmes should continue, but may focus more on management assistance rather than collecting data for genetic evaluation.” (idem)

⁵⁷ Ces chiffres peuvent paraître peu élevés par comparaison avec d'autres publications marquantes (notamment celle considérée comme fondatrice de la sélection génomique (Meuwissen, Hayes, et Goddard 2001) qui a été citée 2814 fois selon WOS). Mais n'oublions pas que l'article de Schaeffer (2006) a une vocation d'application plutôt que purement académique et que le nombre de pays susceptibles à ce moment-là de mettre en œuvre la sélection génomique est relativement restreint – autour d'une dizaine. Les citations ont considérablement augmenté d'ailleurs à partir de 2017 où plusieurs nouveaux pays apparaissent dans le paysage de la sélection génomique et ont de fait besoin de justifier les investissements auprès des acteurs (nous le verrons dans la dernière partie de cette thèse).

⁵⁸ L'Union nationale des coopératives d'élevage et d'insémination animale est devenue Alice, acronyme fondé sur les notions d'alliance, d'innovation et de service.

c'était clairement pour créer une population de référence en bovins laitiers. »
 (entretien AE)

En 2009,

« ... il y a eu un gros séminaire organisé par l'UNCEIA, j'y ai présenté tous les résultats de l'époque. Et à un moment donné sur une de mes diapos il y avait une question : est-ce qu'il faut continuer à tester et une réponse en gros caractères: NON ! Et ça a provoqué un gros choc dans la salle avec 200-300 personnes, il y avait un tel brouhaha. Les gens sont partis complètement sonnés de cette réunion. Ils ont réfléchi et six mois après il n'y avait plus de testage en France. » (entretien DB)

In fine, le schéma circulaire de sélection génétique avec le testage sur descendance a été raccourci avec l'arrivée de l'évaluation génomique des taureaux-reproducteurs (Fig. 49). Au lieu d'attendre 6 ans pour mettre le taureau en service d'insémination artificielle, la technique de génotypage permet de calculer sa valeur génomique dès l'année de sa naissance. L'utilisation de jeunes taureaux dans l'insémination est rapidement promue comme étant plus efficace (Colleau et al. 2017).

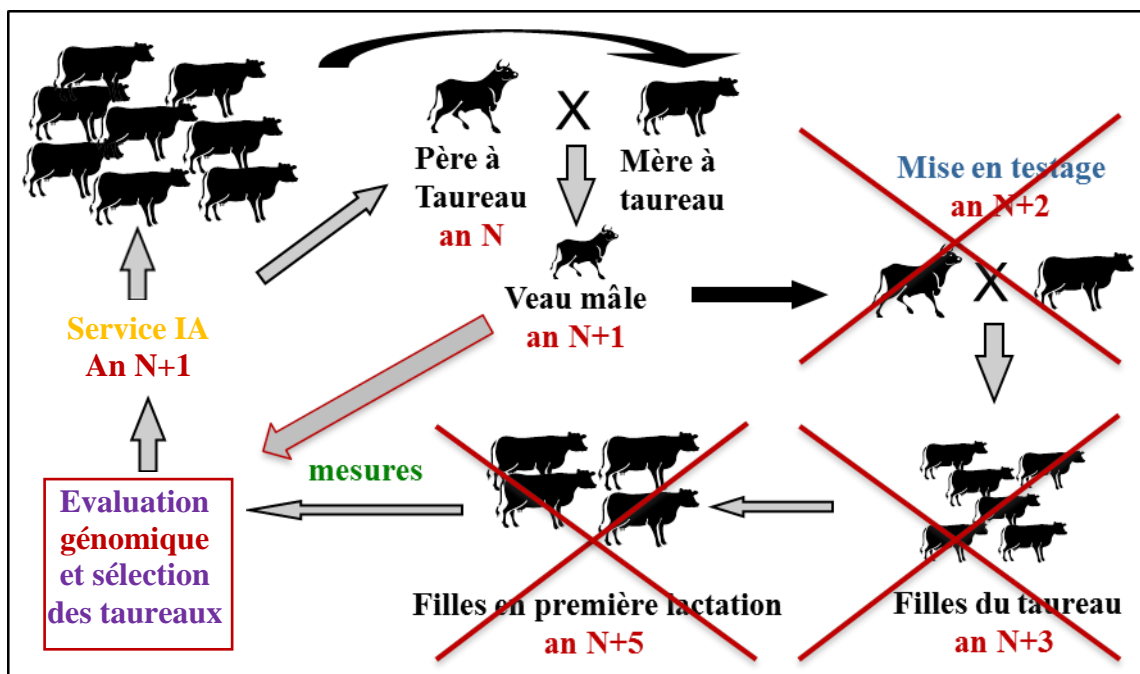


Fig. 49 Le schéma type de la sélection bovine avec l'arrivée de l'évaluation génomique

Progressivement, les promesses de la sélection génomique s'élargissent au-delà des transformations technoscientifiques du schéma de sélection. La génomique est vue comme solution à la domination historique du 'star system' dans la sélection, car il devient possible « d'évaluer un nombre bien plus élevé de candidats que dans les séries classiques de testage, du fait d'un coût individuel d'évaluation bien plus réduit. » (Colleau et al. 2017, p. 256)

« Ce qui était rare auparavant (taureaux exceptionnels) devient alors bien plus fréquent et il est possible de sortir d'une culture de pénurie, qui perd dès lors sa justification automatique. On peut en sortir, et, on le doit, impérativement et rapidement. » (idem)

La génomique ouvre également des portes à l'évaluation de nouveaux caractères qui n'étaient pas pris en compte auparavant avec la sélection génétique car plus compliqués à mesurer à grande échelle et jusqu'à présent moins intéressants économiquement. Il peut s'agir aussi bien des caractères liés à la santé (résistance aux lésions podales (Croué et al. 2019, par exemple) qu'à la mitigation des effets du changement climatique par une diminution des émissions du méthane par les vaches (de Haas et al. 2011, par exemple)). Ce rattachement aux objectifs globaux du développement durable (Brochard et al. 2013) légitime d'autant plus l'utilisation de la génomique et des moyens supplémentaires dédiés à son développement dans le domaine de la sélection animale.

2.2.3. Jeux et enjeux des données : de la crédibilité empirique à la crédibilité numérique

Pour que la sélection génomique soit opérationnelle, il ne suffit pas d'avoir un dispositif technologique ad hoc ni de légitimer la promesse auprès des financeurs et des diffuseurs. Il est nécessaire aussi, comme le rappelle Pierre-Benoît Joly (2015) dans son analyse des promesses technoscientifiques, de construire sa crédibilité en dehors du noyau professionnel de spécialistes. Il soutient notamment, que « la construction d'une promesse technoscientifique répond à deux contraintes contradictoires : la contrainte de nouveauté radicale et celle de crédibilité. » (p. 36) En effet, comment parler d'une rupture scientifique, technologique et organisationnelle de la sélection génomique sans maintenir la crédibilité des évaluations construites sur le système ancien ?

Les méthodes statistiques de prédiction utilisent, comme je l'ai déjà dit dans la section précédente, la perspective 'fréquentiste', loi des grands nombres à l'appui (Desrosières 2014).

Dans le paradigme génétique de la sélection bovine, cette prédiction est fondée sur le testage des taureaux-reproducteurs sur leur descendance, c'est-à-dire sur l'épreuve de la mesure. Avant que la valeur génétique du taureau ne soit confirmée, l'information sur des centaines de vaches-productrices descendantes de ce taureau doit être recueillie et analysée. Le paradigme génomique faisant promesse aux entreprises de sélection de pouvoir se passer du testage, doit trouver d'autres moyens que l'empirisme de la mesure à répétition pour rendre l'estimation des valeurs crédible auprès de leurs utilisateurs finaux – les éleveurs. Dans l'évaluation par testage, comme nous l'avons vu précédemment, le CD, l'indice de fiabilité de la prédiction, est calculé en fonction du nombre de données en provenance de filles du taureau (cf. paragraphe 2.1.3). Avec la sélection génomique, c'est la *population de référence* constituée en amont des évaluations de routine qui remplace cette répétition de mesures pour chaque animal. Dans sa configuration usuelle, elle est composée d'animaux mâles phénotypés et génotypés, c'est-à-dire ayant été testés sur leur descendance (mais non sélectionnés) et dont l'ADN a déjà été marqué par les SNP mis sur la puce génomique⁵⁹. Les corrélations entre les marqueurs génétiques et les performances des vaches étant estimés statistiquement, la population de référence (propre à chaque race) fournit alors une moyenne qui permet ensuite d'évaluer en routine les animaux candidats à la sélection. Leur valeur est donc calculée sans recours au testage, ce qui permet d'évaluer les taureaux reproducteurs très jeunes et de les utiliser très tôt dans l'insémination artificielle.

Pour que l'évaluation soit considérée comme fiable, c'est-à-dire pour que le CD des index génomiques soit au moins égal à celui des index génétiques issus de l'évaluation par testage (c'est-à-dire que sa valeur numérique ne descende pas en dessous de 0,7), il faut un nombre de données considérable en provenance d'une population de référence de plusieurs milliers de taureaux. Cette mission est chose impossible pour un seul élevage ni d'ailleurs pour un seul pays. C'est une affaire collective à grande échelle. Même si les industries de semence des pays présents sur le marché international de la génétique bovine se concurrencent, elles ont compris l'intérêt de la 'coopétition'⁶⁰. Déjà en 2008, les producteurs américains de semence Holstein s'associent avec leurs confrères et concurrents du Canada en mettant en commun leurs données et en formant ainsi la population de référence de 16 000 animaux phénotypés et génotypés. En 2009, les pays européens, sur l'initiative des généticiens et de la profession

⁵⁹ Avec la baisse des coûts du génotypage, les femelles participent dorénavant aussi dans la constitution des populations de référence, mais ce changement est très récent dans la sélection génomique traditionnellement construite sur des populations de référence des taureaux reproducteurs.

⁶⁰ Mot-valise formé par assemblage de deux mots : coopération et compétition. Dans sa définition, il se réfère à une collaboration de circonstance ou d'opportunité entre différents acteurs économiques qui, par ailleurs, sont des concurrents ('*competitors*' en anglais).

d'IA, forment également un consortium appelé Eurogenomics afin de concurrencer le groupement nord-américain sur le niveau de la précision des évaluations génomiques. Deux consortia génomiques concurrentiels se sont ainsi formés et leur antagonisme marque toujours le paysage mondial de la sélection Holstein, comme nous le verrons dans le chapitre 4. Rapidement, la compétition entre eux, ainsi que les avancées technologiques et organisationnelles liées à l'utilisation de la génomique, ont fait doubler les populations de référence concurrentes. Arrivés à environ 35 000 taureaux chacun, les deux consortia poursuivaient leur course acharnée à la précision des évaluations. Les scientifiques ont alors décidé d'augmenter du nombre de marqueurs :

« On a commencé à se dire 'ok, on travaille avec une puce de 54 000 SNPs, on arrive à avoir des précisions de la valeur au niveau de la valeur d'élevage qui est quand même impressionnante, bien meilleure que la moyenne des parents, donc on fait un grand pas en avant. Et donc si avec 54000 marqueurs on arrive à ça, est-ce que avec 800 000 marqueurs on ne va pas gagner encore 10% en précision sur la valeur d'élevage qu'on va pouvoir calculer ?' Et les gens se sont mis à vouloir ça. Je me souviens, j'étais déjà à Illumina à l'époque, les gens nous ont dit : 'mais oui, il faut faire une puce avec 800 000 SNPs, ça va bien améliorer les choses'. » (entretien AE)

Mais en 2009, des études réalisées par le généticien américain Paul Van Raden et ses collègues démontrent que la limite de la précision est atteinte (P.M. VanRaden et al. 2009).

« Je me rappelle avoir croisé Paul Van Raden juste avant un congrès, où il disait 'ce que je vais présenter c'est que ça améliore les choses, mais à peine de 1% sur la Holstein'. Alors que les gens pensaient à 10%. Ça n'a pas amélioré les choses. » (entretien AE)

Les données représentent toujours un enjeu important lorsqu'il s'agit des « politiques des grands nombres » (Desrosières 2010). La sélection bovine n'y fait pas exception. Avec la génomique, malgré des limites qui ont été démontrées, la question des données y est devenue la pierre angulaire et en même temps la pierre d'achoppement. Les données apparaissent notamment comme un des facteurs majeurs de la redistribution des cartes entre les acteurs. Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, le modèle de gestion des ressources génétiques bovines jusqu'alors dominant est celui des *biens communs*. La double nature des

ressources – biologique et informationnelle – ne posait pas de problèmes majeurs tant que tout était géré ou du moins coordonné au sein des organisations coopératives de la sélection au niveau national. Avec l'arrivée de la génomique, les entreprises de sélection ont massivement investi dans le génotypage des animaux et sont ainsi devenues propriétaires des informations stratégiques. La partie 'biologique' des ressources génétiques étant toujours considérée comme non appropriable, sa partie informationnelle le devient (Labatut 2009; Allaire, Labatut, et Tesnière 2018). Cela rend bien compliquée la gestion commune des ressources génétiques scindées en deux dans leur ontologie propre et ayant deux statuts différents. Ce changement a ouvert la porte du marché de la sélection bovine aux structures totalement privées comme Sexing Technology qui détient le monopole de la semence sexée ou Zoetis, la filiale du géant multinational dans le domaine du médicament Pfizer. Constituant leurs propres bases de données génomiques, ces compagnies privées mettent en péril l'organisation traditionnellement coopérative de la sélection bovine et les fondements de la crédibilité garantie par la science publique. De plus, l'internalisation progressive des infrastructures de calcul par les détenteurs des données génomiques les rend préparés à la production autonome des index et à la commercialisation des ressources évaluées uniquement sur la base de données génomiques. La valeur du produit est ainsi concentrée dans sa partie informationnelle de plus en plus déconnectée de la partie biologique. Les scientifiques sonnent l'alerte à cette vision partielle de l'animal et essaient de communiquer autant qu'ils peuvent sur l'importance primordiale des mesures phénotypiques non seulement pour la fiabilité de la valeur des ressources commercialisées, mais aussi et surtout pour la durabilité de la sélection. « Dans la sélection génomique, le phénotype est le roi, » - peut-on entendre souvent dans les communications scientifiques lors des congrès ou des workshops professionnels. Mais étant donné que la logique du marché privilégie la simplification et le court terme, les voix des généticiens semblent être peu entendues. Cette affirmation basée sur l'observation participante sera réitérée dans le chapitre 4 où j'aurai l'occasion de présenter la tension renforcée entre les scientifiques et les industriels dans le cadre du consortium génomique européen.

Malgré ces points critiquables, la 'révolution' génomique dans le domaine de l'amélioration bovine reste très peu critiquée, paradoxe que je propose à l'analyse dans le paragraphe suivant.

2.2.4. Une révolution peu controversée

Quand je commençais ma thèse, en 2016, un sociologue néerlandais, Boelie Elzen, chercheur en innovations des systèmes (cf. notamment Geels, Elzen, et Green 2004; Elzen et al. 2017, etc.) a été invité par notre laboratoire pour présenter ses travaux. Lors d'une brève discussion dans laquelle je lui ai fait part de mes interrogations sur la rupture technologique que la génomique a apporté dans la sélection animale, il m'a dit notamment que le caractère 'révolutionnaire' ou 'incrémental' d'une innovation donnée peut être évalué une dizaine d'années après sa mise en place. Sans en faire une loi, j'ai pensé : « pour la sélection génomique bovine c'est bientôt, on verra bien. » A ce moment-là, le mot '*révolution*' était partout dans les discours et les publications des acteurs que je commençais à suivre en France, dans d'autres pays et sur le terrain inter- et transnational. Les pays ayant adopté la génomique dans leurs programmes de sélection s'en vantaient, les pays qui ne l'avaient pas fait pour des raisons diverses qu'on creusera plus loin, ne cessaient d'en rêver. L'enthousiasme ambiant au sujet de la rupture apportée par la génomique dans le monde de la sélection bovine, ne laissait pas vraiment de place au doute : si les acteurs en sont convaincus, il ne reste qu'à adopter leur point de vue.

En 2018 (juste dix ans après que la sélection génomique soit devenue opérationnelle) Jean-Michel Elsen, un ancien généticien de l'INRAE à la retraite qui a participé très activement à la mise en œuvre de la sélection génomique en France, publiait un petit article dans lequel il posait justement et explicitement la question de la finalité des méthodes génomiques de sélection : « Genomic selection—the final step or another step in an endless race? » (Elsen 2018). Sans remettre en doute le caractère transformatif de la sélection génomique, il s'interrogeait sur la fuite en avant technologique dans l'approche de la complexité du vivant. Je n'ai jusqu'à présent vu aucun autre acteur exprimer de doutes sur le caractère positivement révolutionnaire de la sélection génomique dans les arènes privées ou publiques. Le papier de Jean-Michel Elsen n'a d'ailleurs pas eu grand retentissement au sein de la communauté, mais il a confirmé ce que j'ai entendu et lu entre les lignes au cours des trois années de mon travail de terrain. En constatant les divers 'échecs' ou promesses non tenues, les promoteurs de la génomique (généticiens et industriels) n'exprimaient pas vraiment de déception, mais identifiaient de nouveaux défis à relever. Ils répondaient ainsi parfaitement à la proposition de Pierre-Benoît Joly (2015), selon laquelle « un régime de promesses technoscientifiques prend en compte le décalage systématique entre les anticipations et les réalisations, intègre les inévitables déceptions que provoque un tel décalage » (p. 37).

Une des promesses majeures faite dès l'annonce de l'innovation en 2001 (Meuwissen, Hayes, et Goddard 2001) et réitérée jusqu'à sa réalisation pratique en 2009, était l'arrêt du testage sur descendance : moins de mesures, la fin des contrôles de performances pour les entreprises de sélection et des évaluations génétiques pour les centres de calcul. En 2011, la thèse de Clotilde Patry (2011) mettait en garde contre une telle démarche dans la perspective des échanges sur le marché globalisé de la sélection :

« Les évaluations génomiques apportent une information précoce et suffisamment précise pour choisir les jeunes taureaux dans les schémas de sélection des bovins laitiers, incitant à remplacer le long processus de testage sur descendance par une étape de sélection génomique. [...] Cependant, toutes les informations ayant servi à la sélection ne sont plus incluses dans l'analyse et l'estimation des valeurs génétiques peut être incorrecte. [...] La diversité des pratiques à l'échelle mondiale et l'interaction des possibles sources de biais dans les évaluations internationales rendent sa propagation incontrôlable et fortement dommageable. Il est donc nécessaire et urgent d'adapter les évaluations génétiques classiques pour prendre en compte l'information génomique et ses pratiques associées. » (Patry 2011, résumé)

Il est difficile maintenant de faire marche arrière et de réimposer le testage sur descendance des taureaux aux acteurs de l'insémination artificielle. Néanmoins, la crédibilité de la sélection génomique risque d'être compromise dans les années à venir si les biais dans l'évaluation ne sont pas pris en compte. Les généticiens quantitatifs se mettent donc à la recherche de nouvelles solutions techniques et développent ce qu'on appelle l'évaluation SingleStep, autrement dit 'deux-en-un', qui combine les évaluations génétiques et génomiques pour corriger le biais de présélection engendré par les seules évaluations génomiques.

Une autre promesse non réalisée concerne le contrôle de la consanguinité. Malgré la fin annoncée du 'star system' et de l'hégémonie des gènes de quelques taureaux-champions, la sélection génomique n'a fait qu'accentuer la 'crise de consanguinité', du moins dans la race Holstein (Van Der Beek et Geertsema 2017; Paul M VanRaden 2017). Le rapprochement des générations accélère la réduction de la variabilité génétique et nécessite de ce fait une gestion bien plus rigoureuse des schémas de sélection (Colleau et al. 2015). Or cet effort n'a pas été consenti par l'industrie de la sélection prise dans l'étau de la compétition économique à une échelle de plus en plus globale.

Une promesse en revanche a été amplement tenue par le nouveau paradigme génomique : le raccourcissement de l'intervalle de génération. Au point que certains spécialistes parlent du rapprochement des stratégies d'amélioration animale et végétale (Hickey 2019), pendant que d'autres, notamment les industriels, ne voient pas de liens entre le raccourcissement de l'intervalle de génération et le rapprochement du modèle végétal de sélection (entretien JYD). Ce rapprochement se traduit également dans des transformations organisationnelles du paysage de la sélection bovine (Labatut et al. 2014; Tesnière 2017). Parmi ces changements majeurs, la tendance à une concentration de la production des ressources génétiques entre les mains de quelques grandes entreprises. Il reste à savoir si ce rapprochement est vraiment une bonne chose, sachant que le modèle de la sélection végétale, exemple parfait de la commodification extrême du vivant et de sa commercialisation à grande échelle par quelques multinationales, est massivement critiqué quant à ses impacts sociaux et environnementaux (Bonneuil et Thomas 2009; Cornilleau et Joly 2014).

Jean-Michel Elsen exprime d'ailleurs dans son article interrogatif une crainte, à mon avis tout à fait légitime :

“It seems likely that the use of omics in the human food production setting will create the same societal disapproval as GMOs and pesticides.” (p. 96)

A ce titre, l'auteur appelle à une collaboration plus étroite avec les sciences sociales pour garder ouverte la fenêtre d'opportunités de la sélection génomique et « regagner la confiance des consommateurs » (idem).

La façon de faire de la science a également été complètement transformée en très peu de temps en suivant la prédiction qu'avait faite Walter Gilbert en 1991. La virtualisation et la globalisation allant de pair, il est devenu difficile de cantonner les généticiens au travail d'amélioration génétique au niveau national.

« Le métier de chercheur dans les derniers 10-15 ans a complètement changé. On est complètement sorti de la paillasse. Maintenant, c'est sur ordinateur et puis on clique sur un bouton pour qu'un échantillon soit séquencé quelque part dans le monde. C'est une drôle de révolution quand même. » (entretien AE)

Bien que la mondialisation de la génomique comme science ouvre de nouveaux champs du possible à la connaissance du vivant, un renforcement des inégalités est observé dans son

application. Sur le plan international, le fossé se creuse entre d'un côté les pays hégémoniques qui possèdent des moyens scientifiques, techniques et financiers pour assurer l'efficacité de leur système de sélection ; et de l'autre, ceux qui, n'ayant pas ces moyens, se retrouvent en situation de dépendance économique des importations de la génétique bovine en provenance des premiers (cf. chapitre 4). Un des problèmes majeurs posé par cette circulation non-équitable des ressources génétiques est celui de l'ancrage de la valeur des animaux dans différents milieux de production. Mais elle interroge beaucoup plus la science de la génétique que les industriels de la semence.

2.3. To 'E' or not to 'E' ? Une difficile prise en compte du milieu (E) dans les calculs de la valeur génétique

Dès les premiers pas de la science génétique, une des grandes questions qui animait les débats savants portait sur les parts respectives de la transmission des caractères et de l'effet d'environnement dans les variations observées du vivant. Les adeptes de Lamarck donnaient à l'environnement la primauté dans le déterminisme évolutionniste : c'est l'adaptation au milieu qui guide l'évolution des gènes. Les (post-)darwinistes, lois de Mendel à l'appui, donnaient le premier rôle aux mutations génétiques aléatoires favorisées ou défavorisées ensuite par l'environnement dans le processus de la sélection naturelle. Ces débats se sont apaisés par le développement de la théorie post-darwiniste selon laquelle le 'code génétique' programme et détermine le développement des êtres vivants et la transmission de l'hérédité. Ce postulat déterministe est aujourd'hui remis en discussion par la découverte des mécanismes épigénétiques qui mettent en évidence des effets du milieu plus complexe que cela n'a été pensé sur l'expression des gènes. Sans altérer la séquence d'ADN, ces mécanismes interactionnels rendent ces modifications transmissibles (Rosnay 2018). La question des effets du milieu sur la valeur génétique de l'animal apparaît comme transversale à tous les paradigmes technologiques qui marquent l'approfondissement des connaissances humaines sur les organismes biologiques.

Dans les paragraphes qui suivent, je propose d'analyser l'évolution des modèles d'évaluation génétique en prêtant attention à des différentes façons d'intégrer le facteur du milieu. Ses effets estimés au début de manière linéaire ou additive se complexifient au fur et à mesure que les connaissances sur le vivant s'approfondissent révélant une relation interactionnelle entre les gènes et l'environnement transmissible potentiellement aux générations suivantes. Mais - et c'est là le point d'intérêt de cette section - l'intégration de ces

connaissances dans les modèles d'évaluation ne dépend pas seulement des capacités techniques des modélisateurs et des infrastructures de calcul. C'est une affaire profondément politique qui prend en compte des spécificités économiques et structurelles des filières et des logiques d'acteurs qui constituent souvent une toute autre 'objectivité' que celle représentée par les scientifiques.

2.3.1. L'effet additif de l'environnement

L'objectivation biomathématique de la participation des facteurs du milieu dans les méthodes analytiques d'hérédité vient avec les concepts de *phénotype* et de *génotype*. Wilhelm Johannsen (1857-1927) a attribué à l'effet d'environnement l'écart entre un phénotype individuel et la moyenne des individus de même génotype (Sellier, Boichard, et Verrier 2019). Ce que les éleveurs ont toujours observé dans leur activité de sélection, est modélisé sous forme d'une équation composée de trois éléments essentiels : le phénotype (P), le génotype (G) et l'effet de l'environnement ou du milieu (E). Le modèle de base de la génétique quantitative reflète l'additivité des effets :

$$\mathbf{P = G + E}$$

Pour estimer la valeur génétique de l'individu étudié, on dit qu'on la corrige pour les effets du milieu. Mais quels paramètres prendre en compte pour effectuer cette 'correction' ?

La définition du milieu ou de l'environnement (E), comme nous l'avons vu dans le premier chapitre, est chose socialement et techniquement complexe.

Dans l'enseignement académique des bases de la génétique quantitative, on considère trois composantes du milieu (Verrier, Brabant, et Gallais 2001)⁶¹ :

- l'environnement dans lequel vit (ou a vécu) l'individu observé,
- certains états physiologiques qui lui sont propres et
- l'observateur lui-même.

Selon les auteurs, « en production animale, on inclut dans la première catégorie des facteurs tels que l'année (influence du climat sur les ressources fourragères), l'élevage (influence des potentialités agricoles de l'exploitation, du mode de conduite des animaux et de la technicité de l'éleveur), la saison de mise-bas en cas de production laitière, etc. » Parmi les

⁶¹ Je prends ici le cours « Faits et concepts de base en génétique quantitative », créé en 2001 et enseigné à AgroParisTech, comme référence explicative de ce que représente le milieu dans la pratique d'évaluation génétique/génomique animale.

caractéristiques physiologiques propres à l'individu que l'on considère comme facteurs de milieu, on note l'âge qui définit la taille et le poids, etc. On y inclut également le stade physiologique à un âge donné comme, par exemple, le 'stade de lactation' des femelles laitières. L'observateur, enfin, a une influence au travers du protocole de mesure qu'il applique, de la précision de ses instruments de mesure, et des erreurs de mesure qu'il peut commettre. C'est dire que la définition scientifique de l'environnement dans la vie de l'animal-producteur est assez large et les facteurs pris en compte sont assez variés.

Pour relativiser ensuite l'importance de ces facteurs de l'environnement, les auteurs du cours mettent en avant une autre classification: (i) le milieu dit 'contrôlé' ou macro-milieu et (ii) le milieu 'non-contrôlé' ou micro-milieu. Les facteurs du milieu contrôlé sont ceux dont on pense qu'ils ont un effet important sur les caractères étudiés. Ici, non seulement on peut enregistrer les conditions propres à plusieurs individus, mais on peut aussi agir dessus. Par exemple, lorsqu'on mesure la production laitière d'une vache, on enregistre également le numéro du troupeau, le rang de lactation de l'animal, sa date de mise-bas (donc de démarrage de la lactation), etc. On considère qu'un effet de macro-milieu s'applique en commun à tous les individus se trouvant dans une catégorie de milieu donnée. Les effets de micro-milieu, comme le mot l'indique, sont considérés comme mineurs. Induisant de faibles variations qui s'appliquent de manière différente à chaque individu, ils ne sont ni maîtrisable ni mesurables (le recueil de l'information correspondante est trop compliqué ou trop coûteux). Comme ces facteurs peuvent tout de même être perceptibles dans les résultats des calculs, on en tient compte en les mettant dans la catégorie dite 'résiduelle' (e) qui exprime l'écart entre la performance et les effets décrits dans le modèle, autrement dit l'erreur inhérente à la prédiction.

Le modèle ainsi complété prend la forme de :

$$\mathbf{P} = \mathbf{G} + \mathbf{E} + \mathbf{e}$$

Visuellement, les proportions des effets se présentent (approximativement) de cette manière (Fig. 50) :

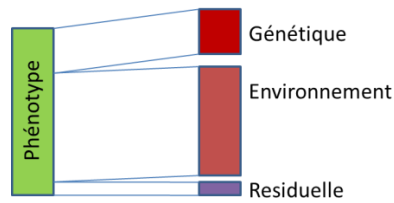


Fig. 50 Répartition approximative des effets dans l'évaluation de l'expression phénotypique. Source : présentations des communications scientifiques de VD (avec mes remerciements à l'auteur)

Le support du cours sur la génétique quantitative enseigné à Agroparistech (Verrier, Brabant, et Gallais 2001) que j'ai pris en exemple ici, précise en note d'attention aux étudiants :

« Cette distinction entre macro-milieu et micro-milieu comporte une part d'arbitraire liée à l'échelle d'observation à laquelle on se situe. Ne pas enregistrer un facteur de milieu qui, en réalité, induit des variations importantes, conduit à des erreurs d'analyse ; dans la pratique de la sélection, où l'on doit corriger les données pour les effets des facteurs de milieu contrôlés, une telle omission a des répercussions relativement graves. »

Il revient donc au modélisateur la responsabilité du choix des informations à inclure ou non dans le modèle d'évaluation génétique. D'après Vincent Ducrocq (2020), « la description des effets de milieu demande une bonne connaissance des pratiques d'élevage et doit s'adapter aux informations disponibles : on sait par exemple que l'état reproductif (gestant/ non gestant) d'une vache impacte sa production laitière. Mais si cette information n'est pas recueillie, il est bien sûr impossible de la prendre en compte dans le modèle. On ne se limite donc qu'aux effets identifiés et dûment enregistrés dans les bases de données. » L'auteur fait donc une double mise en garde pour que la valeur calculée soit la plus fiable possible. Son avis sur le besoin d'« une bonne connaissance des pratiques d'élevage » rejoint mes doutes sur la possibilité d'effectuer une bonne évaluation génétique (même si elle est faite avec des calculs de nature purement mathématique) sans connaître l'objet d'évaluation et ses particularités biologiques. Ainsi, il relève des compétences professionnelles du modélisateur averti de voir que certains facteurs du micro-milieu, ont des effets d'importance plus grande que celle accordée à la résiduelle et méritent donc un traitement différent. C'est notamment le cas de l'effet des interactions entre le génotype et le milieu qui peuvent être héritables.

2.3.2. L'interaction génotype-milieu (G*E) : considérer l'héritabilité du lien entre l'animal et son environnement.

Un des exemples du paramètre dont la prise en compte dans l'évaluation génétique relève de l'arbitraire est l'effet non additif de l'interaction entre les effets génétiques et ceux du milieu. Autrement dit, il s'agit de la situation où les mêmes gènes ne sont pas exprimés de la même manière en fonction des conditions du milieu, et cette expression peut de plus être transmise aux générations suivantes. On parle alors de l'existence d'un effet d'*interaction génotype-milieu* ou *G*E* (équation utilisée dans la génétique quantitative) dont les mécanismes épigénétiques sont considérés comme un cas particulier. Pour estimer la valeur génétique de l'individu, il ne suffit plus de corriger les données pour l'effet de l'environnement comme dans la situation où la formule de base est applicable. Le calcul devient plus complexe :

$$\mathbf{P = G + E + G*E + e}$$

Pendant longtemps, la sélection animale, à la différence de l'amélioration végétale, avait tendance à ignorer l'effet héritable de l'environnement sur le génotype de l'animal, l'estimant secondaire et peu pertinent. Les méthodes d'évaluation l'incluaient alors implicitement dans la 'résiduelle'. Mais ce facteur de variation peut prendre de l'importance dans certaines conditions, notamment lorsque les classements de valeurs entrent en jeu sur le marché de la sélection. L'établissement des classements des produits, comme nous le savons, est une condition intrinsèque au fonctionnement des échanges marchands (G. C. Bowker et Star 2000; Beckert et Musselin 2013). Comme l'expriment Michel Callon et Bruno Latour (2013, p. 24), « *tout un art du capitalisme est de décider ce que l'on inclut et ce que l'on n'inclut pas dans le calcul* ». Il peut donc devenir primordial de résoudre le problème de confiance dans les valeurs annoncées sur le marché selon les différents environnements où elle se déploie. Autrement dit, si les doses de semence d'un taureau évalué à un endroit sont vendues ailleurs et si les vaches qui y naissent n'expriment pas la valeur annoncée, la crédibilité du vendeur en pâtit auprès des éleveurs et celle de l'évaluateur auprès des vendeurs.

L'effet d'*interaction génotype-milieu* sur le classement des individus évalués peut être visualisé sous forme de représentations graphiques dans lesquelles le milieu est décrit par une variable continue en abscisse. Les trois graphiques de la Figure 51 montrent que l'effet d'*interaction génotype-milieu* peut être une source de variation génétique plus ou moins forte en réponse à des 'perturbations' environnementales. Le graphique de gauche représente une

absence d'interaction génotype-milieu pour trois individus évalués. Leur classement reste le même quel que soit le milieu. Le graphique du centre montre l'effet d'échelle que l'interaction peut parfois produire dans le classement établi : l'ordre des individus dans le classement reste inchangé, mais les différences entre eux sont exacerbées dans certains milieux. Le graphique de droite fait démonstration d'une situation où l'interaction génotype-milieu chez les individus évalués est tellement forte que leur classement change de manière considérable en fonction des différents milieux dans lesquels ils évoluent (Huquet 2012). Ainsi, des variations de température, la survenue d'une maladie ou un type donné d'alimentation ont des répercussions différentes selon les individus. Non prise en compte, l'*interaction génotype-milieu* peut alors diminuer l'efficacité de la sélection (Mulder 2016).

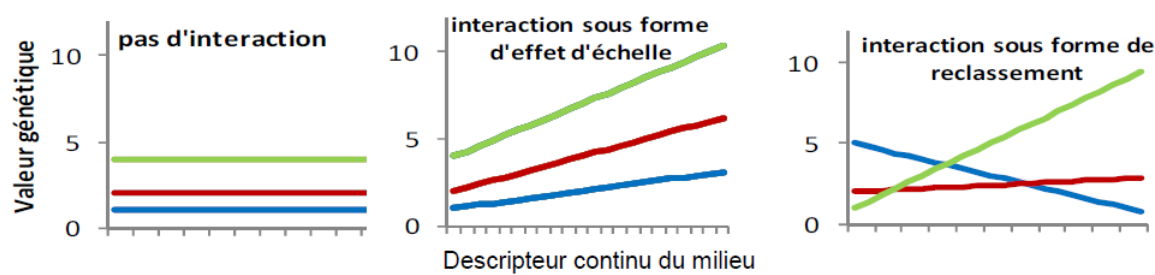


Fig. 51 Formes d'interaction génotype-milieu. Source : IDELE (Institut de l'Élevage)

L'apparition de la notion d'*interaction génotype-milieu* en tant qu'enjeu pour la génétique quantitative appliquée à l'animal est datée dans la littérature scientifique de 1952 lorsque le généticien écossais D.S. Falconer a proposé une méthode pour mesurer les variations génotypiques en fonction de l'environnement par des corrélations génétiques : il considère la mesure du même caractère du même animal dans deux environnements différents comme deux caractères génétiquement corrélés entre eux. L'*interaction génotype-milieu* est faible si la corrélation s'approche de 1. Plus elle s'en éloigne, plus l'interaction devient forte. La valeur de corrélation autour de 0,6-0,7 est considérée déjà comme critique chez les animaux et donne une raison d'adopter des programmes de sélection différents en fonction des environnements (Mulder 2016). En revanche, l'implication de cette méthode de quantification de l'effet de l'environnement dans le processus de sélection des animaux est à double tranchant. D'un côté, elle peut objectiver les limites de la globalisation des programmes de sélection. De l'autre, suivant la croyance selon laquelle ce qui est calculé est maîtrisé, elle justifie de poursuivre l'expansion internationale des races en prenant en compte le $G \times E$ dans

les modèles d'évaluation génétique. Le chercheur australien J. W. James (1961) a justement appliqué l'hypothèse de Falconer à la situation où explicitement « seulement une ou quelques populations fortement améliorées seraient amenées à être utilisées dans des différents environnements » (p. 145).

Malgré cette ancienneté épistémologique du sujet, sa mise à l'agenda des recherches en sciences animales est très récente. En fonction des filières, l'application du savoir sur l'existence de l'effet d'interaction entre le génotype de l'individu et son milieu ne suit pas le même chemin.

2.3.3. L'interaction génotype-milieu comme concept négociable

Des recherches sur l'effet d'*interaction génotype-milieu* sont menées par les généticiens depuis plusieurs décennies aussi bien dans le domaine végétal qu'animal. Néanmoins, la production et l'implication des connaissances sur ce sujet varient beaucoup d'une espèce à l'autre en fonction des *agencements socio-bio-techniques* construits autour de ces espèces.

En amélioration des plantes, le facteur $G * E$ est considéré comme très important et les recherches appliquées ont commencé bien plus tôt que dans le domaine animal. La création variétale implique l'expérimentation dans plusieurs contextes avec une visée de 'stabilisation du génotype' (Brancourt-Hulmel, Biarnès-Dumoulin, et Denis 1997). C'est une condition nécessaire à la validation de la variété. Autrement dit, l'objectif de l'étude de l'*interaction génotype-milieu* chez les plantes concerne leur meilleure standardisation, conditionnée entre autre par l'organisation des productions végétales fondée sur la commodification rapide et la commercialisation à grande échelle des ressources génétiques avec le statut de bien privé (Bonneuil et Thomas 2009).

Dans les filières avicole et porcine, le progrès génétique est également produit par des entreprises privées de manière intensive. En revanche, du fait que les systèmes de production sont largement établis dans des milieux artificialisés, standardisés et contrôlés, la question de l'*interaction génotype-milieu* est très largement évacuée. Au même titre que pour les filières des petits ruminants, elle est surtout traitée par des chercheurs spécialistes de la génétique d'adaptation afin d'étudier des capacités adaptatives (la rusticité) des animaux (N'Dri 2006, projet européen H2020 SMARTER). Pour le moment, la structure pyramidale de la diffusion du progrès génétique (Fig. 51), rend trop compliquée et peu pertinente la prise en compte des effets non-additifs de l'environnement au niveau de ces filières. Ainsi, la question des

interactions entre le génotype et le milieu appliquée aux petits animaux de rente est traitée uniquement dans un milieu très restreint de généticiens quantitatifs spécialisés.

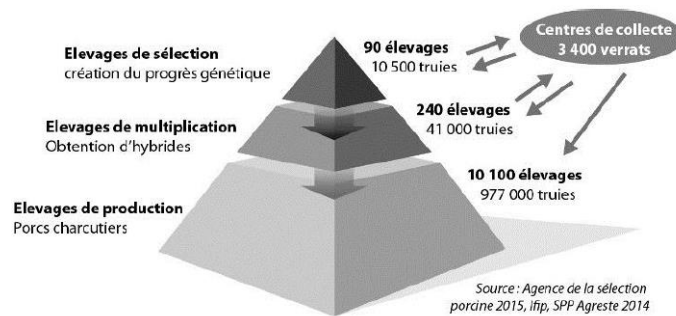


Fig. 51 La structure pyramidale de la production et de la diffusion du progrès génétique dans la filière porcine.

La prise en compte de l'*interaction génotype-milieu* par la filière bovine est tout aussi complexe, mais elle reflète une autre problématique. Les agencements bovins conçus au niveau national de la plupart des pays développés, impliquent un nombre important d'éleveurs commerciaux dans la production du progrès génétique. Ces éleveurs ne sont pas seulement les utilisateurs du service d'amélioration génétique, mais aussi ses co-producteurs via le système coopératif national plus ou moins institutionnalisé en fonction des pays. Jusqu'à présent, ce système coopératif impliquait un dispositif de mesure (via notamment le contrôle laitier) déployé dans les élevages commerciaux à grande échelle, comme le montre notamment le schéma type de sélection en bovin laitier en France (Fig. 52).

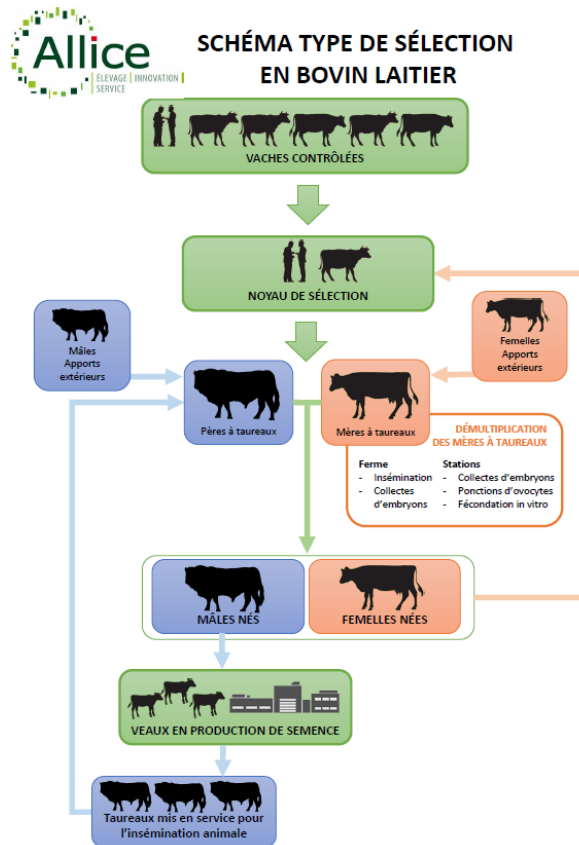


Fig. 52 Le schéma type de la sélection en bovins laitiers. Source : Allice

En effet, l'enjeu de globalisation du marché de la semence bovine dans les années 1970 a appelé certains pays à défendre la souveraineté de leurs programmes génétiques. L'existence d'un effet non additif de l'environnement sur la valeur génétique s'est traduite en corrélations basses entre les index calculés dans les différents pays qui se sont révélés incomparables entre eux. La conséquence de ce problème de comparabilité des valeurs génétiques pour le marché international était dans l'impossibilité d'établir le classement unique de produits et de définir ainsi leur qualité. La notion d'*interaction génotype-milieu* a été impliquée dans la résolution de ce problème afin de réguler les circulations des doses de semence sur le marché mondial (cf. chapitre 3). Mais ce n'est que dans les années 2000 que de vrais programmes de recherche sur l'*interaction génotype-milieu* chez les bovins ont été lancés pour affiner les connaissances et les méthodes de prise en compte de cette composante dans l'évaluation génétique animale. L'implication politique du savoir a donc précédé sa construction scientifique.

Si au sein de l'association *génotype-milieu*, la notion du 'génotype' a une définition scientifique plus ou moins stabilisée, le 'milieu' peut avoir une portée sémantique et sémiotique très variée, comme nous l'avons déjà vu précédemment. En fonction des utilisateurs, le milieu (l'environnement, le contexte) peut changer considérablement d'échelle

et être relié aussi bien au système d'alimentation (TMR ou pâturage) ou au système technique de production (robot de traite ou pas, animaux en stabulation ou en mouvement, etc.), qu'à des zones géo-climatiques ou aux États-nations avec leurs caractéristiques socio-bio-techniques respectives (Huquet 2012).

Difficilement calculable et prévisible, l'effet du milieu sur la réponse des animaux à la sélection est sujet à négociation entre d'un côté des acteurs scientifiques qui tiennent à la précision et de l'autre des acteurs industriels qui dans leur souci d'efficacité commerciale privilégient une simplification dans la mesure du possible. Les modélisateurs eux-mêmes reconnaissent la complexité du processus. Comme le rappellent notamment Jean-Baptiste Denis et Patrick Vincourt (1982, pp. 219-20), « à chaque facteur sont associées une ou plusieurs variables qui participent à l'explication des interactions. [...] Chaque facteur définit par ses composantes une échelle de mesure des composantes de l'autre facteur. Cette dualité peut poser des problèmes d'interprétation. » Il paraît donc logique que « les décisions que [l'expérimentateur] est amené à prendre tendent à reléguer l'existence de ce phénomène au rang des informations mineures. » Rappelons-nous la distinction entre le macro-milieu dont l'effet peut être contrôlé, mesuré et donc pris facilement en compte dans les évaluations génétiques et le micro-milieu dont les effets sont relégués au statut de 'résiduelle'.

Ainsi, aux États-Unis, un grand pays avec des types d'environnements géo-climatiques très contrastés, les entreprises d'insémination artificielle fonctionnent selon un seul et unique schéma de sélection par race. Des études scientifiques menées pour estimer l'effet de l'interaction *génotype-milieu* sur les animaux en production dans des différents états/régions du pays ont démontré que cet effet était relativement fort (Tiezzi et al. 2017). Notamment, il a été souligné que l'effet de $G * E$ sur le caractère de production laitière était même plus fort que l'effet du génotype (G) ou du milieu (E) pris de manière additive (souvenons-nous de l'équation où le caractère observé (P) est le résultat des effets du génotype, de l'environnement et de leur interaction : $P = G + E + G * E + e$). Néanmoins, le système d'évaluation génétique et génomique national ne prend toujours pas en compte ce facteur de variation. Selon les représentants des acteurs économiques interviewés, les principales implications de l'interaction génotype-milieu sont socio-économiques.

« Les différences biologiques ne sont pas si importantes. C'est seulement si vous appliquez les facteurs sociaux et économiques, que cela rend la différence dans les valeurs génétiques significative » (entretien MF and JM).

Pour eux – et, disant cela, ils opposent le système américain au système européen ‘multi-pays’ – il n’y a pas de raison de prendre en compte *G*E* tant qu’il n’y a pas de différences dans les systèmes d’évaluation et dans les attentes socio-économiques des éleveurs. Ils plaident alors à ce niveau pour l’unité socio-économique de la filière nationale à la différence de la diversité promue traditionnellement par l’Europe. Les tensions entre les visions américaine et européenne d’une part et entre les logiques scientifique et marchande d’autre part participent à la dynamique internationale de la sélection bovine. Nous aurons l’occasion de le constater dans les chapitres suivants, qu’il s’agisse d’Interbull avec sa volonté de régulation du marché globalisé de la semence bovine, d’Eurogenomics dans son positionnement concurrentiel face aux acteurs économiques américains ou des acteurs scientifiques de l’Afrique du Sud qui mettent l’*interaction génotype-milieu* dans leur agenda de recherche avec l’objectif de faire renaître l’industrie nationale de la sélection bovine face à des pressions des exportateurs de semence.

Conclusion

Alain Desrosières a repris l'expression de l'historien Jean-Claude Perrot pour qualifier l'histoire de la statistique comme une « histoire concrète de l'abstraction » (Desrosières 2010, p. 395). L'abstraction de la vache par des méthodes quantitatives est en effet un processus très concret lorsqu'on se met au travail ethnographique en suivant les généticiens quantitatifs dans leurs missions quotidiennes.

Rappelons-nous les hypothèses de Latour et de Callon juxtaposées dans l'introduction de cette thèse : est-ce que vraiment « l'avènement de la Science a rendu si difficile la saisie des autres modes [d'existence] » (Latour 2012, p. 10) ou si les activités scientifiques de métrologie « font apparaître simultanément, et sans les dissocier, des modes d'existence dont certains sont économiques et d'autres pas » (Callon 2009) ? L'analyse du rôle de la génétique quantitative dans l'agencement bovin permet potentiellement d'approuver ces deux propositions. Les méthodes de quantification élaborées par les généticiens tendent à et sont à même de faire apparaître simultanément l'ensemble des modes d'existence de la vache. Néanmoins, l'affaire d'évaluation génétique, comme nous le rappelle Vincent Ducrocq (Ducrocq 2020), est « le résultat d'un compromis entre prise en compte exhaustive des données disponibles, respect des hypothèses génétiques et statistiques, complexité du modèle et réalisation des calculs dans un temps raisonnable ». Ce compromis s'atteint dans une négociation techno-politique entre différents acteurs pris dans des jeux de pouvoir. La perspective longitudinale adoptée a permis de démontrer que ce que Michelle Murphy (2017) appelle l'*économisation* de la vie n'a jamais vraiment empêché une manifestation de cette '*vie*' « anarchique » (Kupiec 2019) dans les instruments de quantification les plus rationalistes.

Nous avons ainsi mis en lumière la double vocation de la génétique quantitative au sein des agencements bovins. D'un côté, les méthodes de l'abstraction quantitative rendent la vache 'apte' à la globalisation en tant que marchandise. Sa valeur génétique séparée de l'effet du milieu est transposable à différents contextes spatiaux et temporels, surtout lorsqu'elle accompagne des systèmes de production standardisés. Cette séparation nette fait de la valeur génétique de la vache une valeur d'échange qui convient à l'industrie de la semence dans ses ambitions d'expansion mondiale. De l'autre côté, les généticiens, dans leur quête d'objectivité et de précision scientifique, se trouvent aussi enrôlés en tant qu'avocats de la complexité des organismes vivants et de leur ancrage dans des écosystèmes dans un sens plus large que celui du 'système économique'. Ils soutiennent ainsi le statut de 'commodité fictive' (Stuart et

Gunderson 2018) pour les animaux et se positionnent alors en opposants aux mécanismes standardisants de la globalisation industrielle et marchande ainsi qu'à une domination d'un tel ou tel standard imposé par des intérêts privés qui ne tiennent pas compte de la diversité nécessaire à la sélection durable. La nature biologique de leur objet de recherche et d'évaluation se manifeste dans les chiffres, dans des incohérences des calculs, dans une nécessité de retour permanent à la source de la mesure.

“Biology is infinitely more complicated than the game of Go, and there is nothing to ensure at this stage that these new techniques will be able to predict with a high level of accuracy what phenotype an individual will express in a particular environment, based solely on its genome” (Elsen 2018, 95) .

La question du lien entre l'animal et son milieu est en effet celle qui traverse toute la science biologique d'hérédité depuis ses débuts. C'est celle qui révèle la complexité du vivant et celle qui gêne à ce titre l'industrie et le marché habitués à manipuler les entités inertes.

Nous avons vu dans le présent chapitre le processus de la construction de la valeur génétique de la vache au travers des méthodes statistiques, des modèles mathématiques, des compétences humaines et des infrastructures techniques *ad hoc*. Nous avons également noté l'importance de l'engagement professionnel du généticien dans ce travail d'évaluation qui se traduit notamment dans sa capacité de faire un bon choix du modèle d'évaluation.

Comme le rappelle Pierre Cornu, historien français des sciences agronomiques, le concept de l'animal-machine, calculable, mécanisable et prédictible si cher à l'industrie animale est loin de décrire toute la réalité de la relation homme-animal depuis le début de la période de l'industrialisation des systèmes de production. Dans son article « L'animal-machine au tribunal de l'histoire » (2019), Pierre Cornu fait appel notamment aux positions de certains scientifiques qui distinguent bien, déjà dans les années 1960, la 'machine biologique' de tout autre type des 'machines'. Il cite notamment l'article de « L'Encyclopédie Française » rédigé en 1962 par Pierre Chouard, professeur de physiologie végétale à la Sorbonne :

« En tant qu'êtres vivants, elles ont quelque chose d'individuel ou de propre à la race ou à la variété, avec une sensibilité particulière aux facteurs du milieu, ce qui nous contraint à les traiter avec une tout autre sorte d'attention que des machines purement mécaniques ou chimiques de l'industrie » (p. 12)

Dans les chapitres suivants, je poursuis l'analyse du travail techno-politique des généticiens promoteur de la prise en compte des facteurs du milieu dans le processus de sélection bovine. Face à la globalisation du marché de la génétique, ce travail se déroule dans les arènes professionnelles aussi bien au niveau national qu'international.

Partie II

Vache globale



Ceci est une vache globale.



L'objectif de cette deuxième partie est de rendre compte des enjeux liés à la globalisation du marché de la semence bovine. Le passage du niveau national du marché bien régulé par les États et appuyé par la recherche publique à une massification des échanges internationaux a inévitablement eu des répercussions sur les fondements et sur l'équilibre des agencements marchands de la sélection génétique. La période dans laquelle tout se déroule – la mise en place du testage sur descendance, le développement des méthodes de calcul des index génétiques, l'industrialisation forte des systèmes d'élevage et l'internationalisation de certaines races dont la race Holstein comme modèle de 'milk machine' productive, standardisée et intégrée dans ces systèmes technicisés – est relativement court : seulement deux ou trois décennies au milieu du XXe siècle. La fin de la Deuxième Guerre Mondiale marque une réaccélération dans les échanges internationaux et l'avènement de ce que Moore et al. (2011) appellent la *globalisation néolibérale*.

Malgré ses origines théoriques multiples et ses adoptions sous des formes variées, le néolibéralisme est souvent perçu dans le monde comme un instrument de domination économique américaine, une stratégie pour exercer une hégémonie politique par le marché (Ong 2006). Les « petites économies » (p. 3) se considèrent ainsi menacées par le rouleau compresseur de la puissance américaine. Cet axe de tensions politiques a marqué inévitablement l'activité de la sélection bovine avec notamment l'arrivée de la Holstein américaine sur le marché mondial dans la période de l'après-guerre.

Aihwa Ong (2006) nous rappelle également, en suivant le postulat de Michel Foucault (2004), que le néolibéralisme est aussi une forme de technologie de gouvernement. Le nouveau rapport entre le pouvoir et le savoir transforme les problèmes d'ordre politique et/ou idéologique en problèmes d'ordre technique. Cela m'amène à considérer un second axe de tensions qui traverse l'activité de la sélection bovine en cette période de globalisation : celui qui confronte les acteurs de la recherche publique et ceux de l'industrie de la semence.

Considérant ces axes de tension qui s'ajoutent à ceux déjà définis dans les deux premiers chapitres, je mets ici en exergue ce que Ong et Collier (2008) appellent des *assemblages globaux*. Les agencements de la sélection bovine, relativement stabilisés au niveau national autour de la notion de race, se voient alors déstabilisés par les échanges internationaux massifs des ressources génétiques. Des dispositifs sociotechniques se mettent alors en place au niveau supranational comme des assemblages entre éléments hétérogènes qui les rendent

« contingents, précaires et instables » (Ong et Collier 2008, 12). Nous suivrons ici l'émergence et l'évolution d'un tel assemblage global à travers un cas d'étude longitudinal d'Interbull (International Bull Evaluation Service).

L'histoire d'Interbull se révèle incontournable dans une narration sur la globalisation de la vache, car elle représente précisément le nœud des tensions entre les agencements bovins nationaux confrontés à l'intensification des échanges marchands des ressources génétiques au niveau international. Ce n'est pas une histoire qu'on vous racontera dans un dîner en ville sauf bien sûr s'il est organisé par des professionnels du monde très restreint de l'évaluation génétique des bovins. C'est une histoire d'hommes et de femmes avec leurs engagements et leurs intérêts, d'animaux et de machines, d'États, de marchés, de chiffres, de standards et de particularités enchevêtrés dans un assemblage complexe et mouvant de la sélection bovine globalisée. Mais c'est aussi l'histoire d'une tentative de mettre de l'ordre dans toute cette complexité.

Interbull est difficile à définir. Son intitulé officiel est 'International Bull Evaluation Service'. Cette organisation a des facettes multiples, de plus, évolutives dans le temps. C'est une communauté épistémique de chercheurs généticiens devenus amis, partageant certaines convictions, croyances et valeurs. C'est une organisation internationale. C'est une partie (d'une organisation internationale ICAR) et un tout (car son activité est unique et autonome). C'est un promoteur de standards et de diversité en même temps. C'est un service payant et une source d'information gratuite. C'est un facilitateur de la globalisation du marché tout en y posant des contraintes. C'est un résultat et une source des tensions techno-politiques dans le monde de la sélection bovine. C'est un centre de calcul autour duquel gravitent des milliards de données numériques en provenance et à destination d'autres centres de calcul. Et, bien que vous ne les croisiez seulement sous forme de chiffres et de formules, tout ce dispositif immense et difficilement imaginable de l'extérieur est construit au nom de la vache globale (Fig. 53).

Parmi toute cette diversité d'approches possibles, j'ai choisi de présenter Interbull dans une perspective socio-historique comme un espace de *commensuration* internationale des valeurs génétiques. J'utilise ce concept de *commensuration* (Espeland et Stevens 1998b; 2008; Desrosières 2014) comme le fil principal de narration sur la construction de la valeur globale de la vache, car il représente la raison d'être d'Interbull telle qu'elle est vue par les acteurs : rendre comparables les index des animaux dont les ressources génétiques sont commercialisées sur le marché international. Nous verrons alors que la *commensuration*, telle qu'elle est définie par les auteurs cités, est un processus de nature profondément sociale et

non seulement technique comme aiment le présenter les acteurs impliqués. Toute la nature sociale du mot se cache dans la préposition ‘co-’ qui signifie une action produite en commun, ensemble, en s’accordant sur des raisons et des modalités de la mise en place et sur des résultats visés et obtenus. C’est ce que Desrosières (2014) appelle une ‘convention d’équivalence’ qui précède tout acte technique de mesure (‘mesuration’). Nous avons vu dans le chapitre précédent l’importance de la prise en compte de cette étape dans l’analyse de la quantification de la valeur de l’animal et du rôle de la génétique quantitative dans ce processus lors de la mise en place des systèmes nationaux de sélection. Ici, je propose de mettre la quantification à l’épreuve de la globalisation en utilisant le concept de *commensuration* qui, appliqué aux organismes vivants couvrirait toute la complexité socio-bio-technique de l’espace d’équivalence dans lequel les différentes valeurs accordées aux animaux peuvent coexister et interagir via les échanges marchands des ressources génétiques.

Les deux chapitres de cette partie de la thèse sont dédiés à deux formes d’existence de cet espace de *commensuration* : tel qu’il a été imaginé et construit par les scientifiques généticiens qui se sont saisi du problème de la globalisation de la vache (chapitre 3) et tel qu’il a été mis en pratique au service du marché international des ressources génétiques bovines (chapitre 4). Le lecteur suivra la vie d’Interbull de la construction du problème par une communauté épistémique internationale à sa déconstruction par le marché. Cette analyse longitudinale se déroule de manière chronologique et couvre quatre étapes qui s’inscrivent dans la période dite de globalisation :

- années 1960-1970 : émergence et construction du problème de comparabilité des valeurs génétiques des taureaux comme un problème techno-politique international ;
- années 1980-début des années 1990 : travail d’une communauté épistémique constituée de généticiens quantitativistes sur la modélisation mathématique permettant de rendre les valeurs génétiques commensurables entre les différents pays ;
- années 1990-2000 : mise en place d’un ‘centre de calcul’ et son fonctionnement en tant que service international de commensuration des standards nationaux d’évaluation ;
- à partir de 2009 : une mise à l’épreuve de l’ordre établi par une nouvelle technologie d’évaluation dite ‘génomique’.

Les deux premières étapes sont couvertes par le chapitre 3 et les deux dernières respectivement par le chapitre 4.



Fig. 53 Les différentes faces d'Intetrbull : la communauté épistémique à la source de l'organisation (1) ; le Comité de pilotage comme organe de gouvernance (2) ; l'équipe opérationnelle du Centre de calcul assurant le fonctionnement quotidien de tout le réseau (3) notamment au travers des réunions, workshops techniques, colloques et congrès mondiaux (4 et 5) ; le Centre de calcul (Interbull Centre) adossé à l'Université Agricole d'Uppsala en Suède (6) qui héberge une base de données et des serveurs informatiques indispensables à la production des évaluations génétiques internationales (7 et 8).

Chapitre 3

« *Y a-t-il une communauté épistémique pour sauver la vache?* »

Ce chapitre présente le travail techno-politique engagé par une communauté internationale de généticiens dans l'objectif de réguler le marché globalisé des ressources génétiques. Pour parler d'une régulation, il est important de comprendre comment elle est devenue 'indispensable' à ce marché. Dans la première section de ce chapitre, je réponds à ces questions en faisant un bref appel à la sociologie de l'action publique pour expliquer comment dans les années 1960-1970, le problème de comparabilité des valeurs génétiques est devenu un problème public. 'Problème public' car il justifiait une mobilisation des moyens de la recherche publique des différents pays et une mise à l'agenda politique international. La deuxième section présentera la recherche des solutions techniques à ce problème identifié et institutionnalisé au niveau supranational. L'action se déroule principalement dans la période allant de la fin des années 1970 au début des années 1990 au sein d'une *communauté épistémique* (Adler et Haas 1992; P. M. Haas 1992) composée de chercheurs généticiens qui mettent en place des solutions techniques pour répondre à la problématique posée. Ces solutions ne sont pas pour autant dépourvues des contraintes politiques et nécessitent de nombreux tours de négociation et de traduction entre les différents acteurs impliqués.

3.1. La comparabilité des valeurs génétiques : la construction d'un problème techno-politique international autour de la holsteinisation

« *Quand la Holstein a débarqué (je me rappelle, j'étais encore étudiant)⁶², il y a eu une tournée de vaches et de taureaux Holstein dans toute la France, les éleveurs venaient voir. [...] Jamais vu en France à cette époque, et dans d'autres pays d'Europe c'était pareil. [...] Ils sont donc arrivés avec des propositions commerciales, avec des index énormes de + 2000-2300 [vs des index de l'ordre de 100-150 dans le système d'évaluation français - LC] ce qui impressionnait beaucoup les éleveurs. [...] Personne n'était capable de comparer ces chiffres. Les éleveurs étaient complètement perdus. [...] Donc il fallait qu'on soit capable de dire aux éleveurs quels sont les bons taureaux américains comparés aux meilleurs taureaux français. Les Suédois et les*

⁶² Il s'agit de la fin des années 1960

Allemands, tout le monde se posaient les mêmes questions. [...] C'était une initiative européenne pour se défendre contre l'invasion nord-américaine. Non pas contre la Holstein car tout le monde était d'accord que la Holstein était plus productive, mais sur comment en tirer un meilleur parti et sur comment ne pas se faire vendre des trucs qui n'étaient pas à la hauteur de ce qu'on voulait. C'était ça la problématique. »
(entretien JCM)

Cet extrait d'entretien avec un ancien chercheur généticien français, un des pionniers de l'initiative internationale devenue Interbull, nous montre le cheminement vers la problématisation de l'incertitude qui a gagné les acteurs de la sélection bovine dans les années 1960-1970 avec la 'holsteinisation'⁶³. Trois étapes importantes y sont présentes :

- partir d'une situation sociale définie comme 'critique' (« *Les éleveurs étaient complètement perdus.* ») ;
- invoquer une cause politique (« *C'était une initiative européenne pour se défendre contre l'invasion nord-américaine.* »)
- pour arriver à la problématique d'ordre économique plus justifiable dans le contexte de domination industrielle et marchande (« *comment ne pas se faire vendre des trucs qui n'étaient pas à la hauteur de ce qu'on voulait* »). Cela revient au besoin d'établir des classements objectifs de produits pour définir leur qualité sans quoi le marché ne peut pas fonctionner.

L'idée que tout problème est socialement construit est à la base de la sociologie de l'action publique. Une littérature abondante en donne des exemples emblématiques : la déviance des fumeurs de marijuana (Becker 1991 [1963]) ou la stigmatisation des consommateurs d'alcool comme danger public sur les routes (Gusfield 2009), etc. Des travaux théoriques proposent des cadres analytiques pour aborder des questions de l'ordre social via la problématisation et l'action publique (Cefaï 1996; Dubois 2009; Kingdon 2014; Joly et Marris 2003; Padioleau 1986; Lascoumes et Le Galès 2012, etc.). Pour que le problème justifie sa mise à l'agenda politique, il doit répondre, d'après Vincent Dubois (2009), à trois conditions :

- qu'une certaine normativité sociale soit établie dans un domaine donné ;
- qu'un cadre informationnel constitué de connaissances disponibles permette une interprétation de l'incertitude apparue comme 'anormale' ;

⁶³ Rappelons ici que la 'holsteinisation' se présente comme la seconde globalisation de la race Holstein-Frisonne et consiste en un processus d'absorption génétique par croisements méthodiques des animaux des différents rameaux de la race Frisonne avec les animaux Holstein en provenance de l'Amérique. Suite à la holsteinisation, la race Holstein-Frisonne est devenue au niveau mondial la première race laitière spécialisée.

- que des acteurs se mobilisent (ceux que Becker (1991 [1963]) appelle les « entrepreneurs de cause ») pour porter le problème dans des arènes politiques.

Les arènes que Joly et Marris (2003, 46) définissent comme des « lieux de confrontation symbolique où se discutent les problèmes publics, selon des règles du jeu prédéfinies » peuvent être plus ou moins ouvertes au débat public plus ou moins large (Gilbert et Henry 2012). La sélection bovine, comme je l'ai déjà mentionné, n'était pas jusqu'alors exposée à des controverses majeures mobilisant le public en dehors des cercles professionnels d'éleveurs, de sélectionneurs, d'inséminateurs et de scientifiques généticiens.

Les problèmes politiques finissent souvent par être réduits à des problèmes d'ordre technique. Celui posé par la holsteinisation n'en fait pas exception. L'arène de sa construction était de nature vraiment « discrète » (Gilbert et Henry 2012), mais elle n'en était pas pour autant dépourvue d'un public que convoquaient les discours des acteurs participants. Notamment, les scientifiques généticiens, que nous commençons à suivre ici, employés principalement par des institutions nationales publiques ou semi-publiques, disent souvent mobiliser leurs compétences au nom des intérêts des éleveurs et de l'« intérêt général ». Le cadre de connaissances et de normes sociales de l'élevage bovin dit 'moderne' s'est construit au milieu du XXe siècle avec l'implication active de ces généticiens qui ont mis des instruments sophistiqués de calcul au service du développement des productions bovines au sein des États-nations. Ce sont donc ces mêmes acteurs qui sont devenus « entrepreneurs de cause » face à la holsteinisation massive des populations Frisonnes. Lorsqu'on prend en compte le fait que cette période (les années 1970) est marquée au niveau mondial par un tournant néolibéral et de ce fait par le désengagement (certes progressif) des États-nations de leur rôle de régulateurs de l'ordre social en faveurs des instances professionnelles, marchandes, scientifiques et surtout en faveur du niveau supranational, cela paraît d'autant plus logique que le problème de la holsteinisation ait été porté pendant plusieurs décennies par les généticiens quantitatifs qui l'ont traduit en problème d'ordre technique nécessitant une résolution par des instruments de la même nature. La construction de l'Europe communautaire se présente à cette période historique comme le cadre politique conjoncturel ou, selon l'expression de Kingdon (2014), une « fenêtre d'opportunité politique » pour une mobilisation des scientifiques avant tout européens.

3.1.1. La holsteinisation comme problème de standard de race

En 1974, la FAO lançait un projet expérimental d'envergure qui visait « à comparer de manière objective les populations principales de la Frisonne Pie-Noir » (Jasiorowski et al. 1987). Il était conduit en Pologne. Ce projet intitulé officiellement 'Testing of ten different strains of Friesian cattle' et officieusement 'The Polish Friesian Project' comptait dix pays partenaires (États-Unis, Canada, Danemark, République Fédérale d'Allemagne, Israël, Pays-Bas, Suède, Royaume Uni, Pologne et Nouvelle Zélande) qui fournissaient les semences. Les financements provenaient de la Pologne et des fonds américains PL 480⁶⁴. D'après l'analyse d'un des spécialistes, il était stratégique pour les États-Unis de rejoindre le projet lancé par les pays importateurs, car « les Américains étaient sûrs de la primauté de leur génétique et voulaient bien être comparés aux autres pays, c'était sans risque et ils avaient tout à y gagner » (entretien HJ). Ainsi, les dix rameaux constitutifs de l'essai étaient censés être comparés entre eux pendant 10 ans sur des différents caractères génétiques d'intérêt économique : productivité laitière, taux de matière grasse et de protéines, qualité de viande, efficacité alimentaire, santé, reproduction, conformation, etc. Le projet envisageait d'apporter des outils aux pays importateurs des semences pour qu'ils puissent faire leurs choix de la génétique venant de l'extérieur (dite 'exotique') en connaissant sa valeur en fonction de leurs besoins de sélection (Jasiorowski et al., 1987).

Le projet portait en lui l'enjeu de compétition entre les différents standards de la race. La race Frisonne Pie-Noir originaire des Pays-Bas où elle avait été créée au XIXe siècle et d'où elle s'est répandue dans de nombreux pays était sur le point de subir des transformations majeurs. Comme nous l'avons vu dans le premier chapitre, la première vague de globalisation de cette race avait créé des populations divergentes qui ont évolué dans des systèmes nationaux de sélection bien distinctes. Le standard de race a évolué en fonction des contextes de son adoption en confirmant ainsi sa nature profondément sociale ou plutôt socio-économique, car ce sont les objectifs du développement des productions qui dictent en grande partie les schémas d'amélioration des caractères dits 'd'intérêt économique'. Ces divergences dans l'application du standard de la vache Frisonne Pie-Noir ont été notamment démontrées et expliquées par l'expérience à grande échelle menée par la FAO en Pologne. Une des raisons qui avait justifié le choix du terrain polonais était la proximité génétique entre la population

⁶⁴ Ce fond dont le nom complet est *Public Law 480* a été créé en 1954 comme *Agricultural Trade Development Assistance Act* et renommé en 1961 en *Food for Peace*. Il permettait d'utiliser les réserves alimentaires américaines pour aider les pays en développement en dédiant une partie spécifiquement aux pays du camp soviétique.

locale Pie-Noir et la race Frisonne originelle créée aux Pays-Bas au siècle précédent. Les porteurs du projet ont donc considéré que, pour une analyse la plus pertinente possible des différences, la population la moins sélectionnée était un bon support à l'insémination par des taureaux des populations qui avaient subi plus de transformations génétiques au cours du siècle (Jasiorowski, Stolzman et Reklewski 1987).

Avec l'affichage d'une comparaison objective des populations entre elles, les porteurs du projet ont exprimé leur volonté de mettre en valeur la diversité de ces populations porteuses de caractères tous importants à préserver pour leur utilisation dans différents contextes : la productivité laitière, le taux de matière grasse et de protéines dans le lait, la valorisation de carcasse, etc. Néanmoins, l'industrialisation de l'agriculture internationale a privilégié sans aucune ambiguïté la poursuite de la sélection fondée essentiellement sur le caractère de production laitière. La population nord-américaine (états-unienne et canadienne) ayant été sélectionnée précisément sur ce caractère pendant plusieurs générations s'est ainsi vue confirmée dans sa position hégémonique sur le marché mondial pour plusieurs décennies à venir⁶⁵, et la race Frisonne Pie-Noir a donc pris la voie de spécialisation laitière en s'alignant sur le standard américain qui a aussi modifié les caractères morphologiques de la vache notamment au niveau de la mamelle devenue plus apparente.

Déjà en 1964, c'est-à-dire dix ans avant le début de la « comparaison objective » des rameaux de la vache Frisonne Pie-Noir, lorsque la Holstein commençait seulement son chemin vers d'autres pays, la Fédération Mondiale Holstein-Frisonne (WHFF pour World Holstein-Friesian Federation) a été créée à l'initiative de l'Association Holstein USA (HAUSA pour Holstein Association USA). Pour marquer le lien symbolique avec la race Frisonne Pie-Noir, la première réunion de WHFF s'est tenue aux Pays-Bas, la patrie historique de la race. Rappelons-nous que les races bovines sont considérées comme biens communs (Labatut 2009; Allaire, Labatut, et Tesnière 2018) et gérées collectivement par des associations d'éleveurs via les livres généalogiques et d'autres dispositifs et actions sociales qui portent sur la promotion et le maintien du standard de race et sur la protection des intérêts des éleveurs. La création de la WHFF répondait précisément à cette volonté de gestion collective de la race au niveau mondial. Réunissant les associations de race de quarante pays dans le monde, la WHFF a entre autres le rôle d'harmoniser au niveau international les procédures de sélection en conformité avec le 'nouveau' standard de la race. Même si son

⁶⁵ La population israélienne a également fait preuve de ses performances en productivité laitière très comparable à la population nord-américaine, mais Israël, bien que pays d'agriculture intensive très performante, ne pouvait pas prétendre à prendre la place d'exportateur hégémonique de la génétique bovine compte tenu de la petite taille du pays et donc de son cheptel.

nom officiel inclut toujours l'ancienne appellation de race Frisonne, dans les textes de communication et les documents divers disponibles sur le site Internet de la Fédération, la « Frisonne » n'existe plus. Elle est complètement remplacée par la « Holstein ». En plus de sa productivité laitière très largement reconnue, le standard morphologique de la vache Holstein mondiale est celui qui est défini aux États-Unis par l'Association Holstein USA, très puissante politiquement. Plusieurs caractères comme la taille haute, l'angularité, le pis apparent et accroché bien haut, etc. sont défendus par la WHFF comme signes distinctifs de la race et promus auprès des représentants des associations nationales (Compte rendu du workshop 2020).

A l'exemple de la diffusion du premier standard de la race Durham Shorthorn par le portrait de 'Durham Ox' (cf. paragraphe 1.4.1. et Fig. 23) en Angleterre, l'idéal de la vache et du taureau Holstein a également sa représentation en peinture (Fig. 54). Ce projet artistique promu aussi bien par l'HAUSA que par la WHFF a vu le jour en 2012 avec son propre blog intitulé « A masterpiece 125 years in the making »⁶⁶. On pouvait y suivre l'avancement de la représentation de l'idéal-type de la race Holstein et aussi acheter les reproductions de ces peintures.



(1)



(2)

Fig. 54 'Modern ideal Holstein cow' (1) et 'Modern ideal Holstein bull' (2). Source :

<http://www.holsteinusa.com>

A peu près en même temps, un concours international a été lancé par la revue en ligne Holstein International. Le jury décerne le titre de 'Global Cow of the Year' à la vache la plus « influente » de la sélection Holstein mondiale. Parmi les critères du concours figurent la conformité de la vache au standard de la race Holstein et sa généalogie ascendante et

⁶⁶ <http://holsteinmasterpiece.blogspot.com/> (consulté le 18/01/2020)

descendante qui témoigne d'une continuité des performances génétiques exceptionnelles dans sa lignée (Fig. 55).

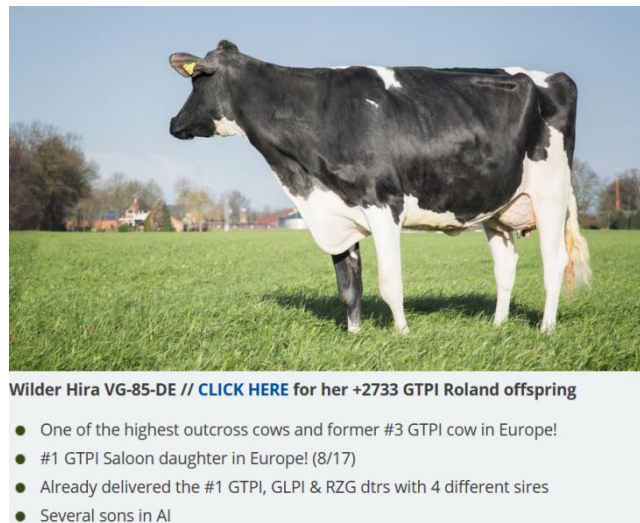


Fig. 55 Une des vaches Holstein de la sélection néerlandaise d'Eurogenes nommée au concours The Global Cow of the Year en 2016. Source : www.eurogenes.com

Ce positionnement hégémonique du standard unique (lire : américain) de la race Holstein ne fait pas pour autant l'unanimité. Comme nous l'avons déjà vu, l'index TPITM dans sa vocation de la valeur universelle de la race est très contesté, surtout parmi les acteurs scientifiques cherchant à promouvoir l'objectivité de l'évaluation multiple.

3.1.2. La holsteinisation comme problème de comparabilité des index génétiques

Une massification des connections marchandes a apporté des incertitudes importantes au sein des agencements nationaux de sélection bovine organisés autour de la notion de race comme bien commun géré collectivement à l'intérieur des frontières des pays. Ces incertitudes apparaissaient d'autant plus objectives qu'elles se manifestaient dans les chiffres. L'index TPITM américain qui accompagnait les vaches et les taureaux Holstein en provenance des États-Unis à destination de l'Europe faisait face aux évaluations locales (cf. paragraphe 2.1.4 du chapitre 2). La question se posait alors : est-ce que la valeur génétique +2500 portée par un taureau américain est vraiment supérieure à la valeur génétique de +150 portée par un taureau français ? Lequel des deux sera améliorateur pour les troupeaux locaux sur des

critères d'amélioration *ad hoc* ?⁶⁷ La représentation numérique des valeurs des animaux laissait penser qu'elles étaient comparables. La quantification des valeurs génétiques était pensée à travers l'universalité et l'objectivité des méthodes scientifiques qui se revendiquaient comme une convention sociale unanime. Les dispositifs d'évaluation génétique créés au sein des agencements nationaux pour rationaliser les productions animales se sont trouvés remis en question par la disparité des index génétiques constatée lors des échanges marchands internationaux. Ces index se sont révélés tout simplement incommensurables compte tenu de la diversité des agencements bovins 'cachés' derrière les chiffres. Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, le processus de quantification est un processus holistique et évolutif. Il n'est donc pas pertinent de se référer seulement au résultat des calculs sans tenir compte du processus de sa construction qui implique des conventions d'équivalence négociées socialement dans un contexte spatial et temporel donné.

Les généticiens enrôlés dans les systèmes nationaux de la sélection bovine se sont saisis de la mission d'établir une nouvelle 'convention' au niveau international dans la perspective de globalisation du marché de la génétique ouverte par la race Holstein-Frisonne. Un généticien suédois en témoigne :

"I had a vision that there will be a global trade of semen much more than there has been. And we need to be able to evaluate bulls from America, Europe, and New Zealand and so on. Because we don't know how that trade will develop, but it could be in different directions. We will select from a global pool of bulls, from a global pool of genes. And then we need to be able to evaluate it correctly." (entretien JP)

La holsteinisation avait une vocation économique politiquement contrainte. Pour reformuler le témoignage de JCM cité plus haut, il fallait intégrer au mieux la génétique Holstein pour augmenter les productions laitières locales tout en évitant la domination politico-économique américaine par le marché. Traduit en problématique proche des préoccupations de la génétique quantitative, cela revenait à démentir la supériorité de l'index américain TPITM par rapport à d'autres index. Pour y parvenir, il fallait d'abord établir les équivalences entre les différents index présents sur le marché.

En 1975, des initiatives sont prises en ce sens avec la création quasi-simultanée de groupes de travail par deux organisations internationales. La première, la Fédération Internationale du

⁶⁷ Cette interrogation était d'autant plus justifiée en France où les critères de la génétique amélioratrice étaient strictement encadrés par la Loi sur l'Élevage de 1966 (cf. paragraphes 1.3.1. et 1.4.2 du chapitre 1)

Lait (FIL ou IDF pour International Dairy Federation) créée en 1903, inclut dans ses missions la représentation de la filière laitière au niveau mondial, la veille des intérêts des industries nationales ainsi que la production et la diffusion des connaissances, des bonnes pratiques et des standards des productions laitières. La seconde, la Fédération Européenne de la Zootechnie (FEZ ou EAAP pour European Association for Animal Productions devenue European Federation for Animal Science) réunit depuis 1949 des scientifiques et des professionnels de la sélection animale et a pour objectif la production et la diffusion des connaissances et des bonnes pratiques dans le secteur de l'élevage. Créée initialement comme association des pays européens, la FEZ a élargi ses adhésions à quelques pays du bassin Méditerranéen. Etant concernées par les enjeux technoscientifiques du marché des ressources génétiques des bovins laitiers, ces deux organisations ont décidé de mobiliser des généticiens sur cette question des valeurs génétiques.

Le président de la FEZ, le professeur Patrick Cunningham du Trinity College of Dublin, spécialiste de la génétique animale, a annoncé au congrès de Varsovie en 1975 sa décision de « décortiquer ce problème scientifiquement : analyser techniquement tous les index qui circulent dans le monde et voir comment on peut harmoniser, informer les gens sur les comparaisons possibles, etc. » (entretien JCM). Le professeur Claude Gaillard de l'Université de Berne en Suisse a été chargé de monter et d'animer un groupe de huit jeunes chercheurs de différents pays : les Pays-Bas, l'Allemagne, l'Autriche, le Danemark, la France, la Suisse, le Norvège, la Suède et la Grande-Bretagne. Hans-Otto Gravert, professeur de sciences animales en Allemagne et impliqué dans la FIL a également réuni quelques généticiens. La participation à ce groupe de travail a été soumise à certaines conditions : être jeune chercheur de moins de 30 ans, être formé à la génétique quantitative, être impliqué dans les dispositifs nationaux de sélection bovine, avoir donc des compétences pratiques en plus des connaissances scientifiques et être nommé par une institution officielle nationale en tant que représentant du pays. Il s'agissait là du point de départ d'une véritable *communauté épistémique* (P. M. Haas 1992; Adler et Haas 1992). Réunis autour d'un problème politique avec pour mission de le résoudre techniquement, ses membres forgeront leur culture épistémique et leurs engagements communs au fur et à mesure de la construction du problème et de son évolution dans le temps (Fig. 56).



Fig. 56 Les pionniers de la communauté Interbull quarante ans après le début du travail commun sur le problème de comparabilité des valeurs génétiques des bovins laitiers. Même retraités, ils continuent, selon le témoignage d'un des protagonistes, à se retrouver tous les ans. Source : Interbull

Les premières réunions de travail portaient sur l'ouverture des 'boîtes noires' des index génétiques des différents pays. Le problème de comparabilité des index génétiques a été traduit dans le langage technique de la génétique quantitative : les *corrélations* entre les index des différents pays étaient en dessous de '1'. Il fallait y trouver une explication et une solution rationnelles.

« On s'est réuni et on a commencé à voir des difficultés. Dans chaque pays on savait ce qu'on faisait, mais on ne savait pas ce que faisaient les autres. On a commencé par décortiquer les méthodes de chacun, les analyser ensemble, par normaliser les façons de les décrire, donc harmoniser non pas les méthodes, mais la description : qu'on sache comment est définie la base (mobile, fixe), en quelles unités c'est exprimé, est-ce que c'est la valeur prédictive des filles ou c'est la valeur du taureau (à partir des filles multipliée par deux), quelles sont les données de base qui rentrent dedans, quel contrôle laitier, etc. Il y a tout ça qui change d'un pays à l'autre. Donc on a commencé par décrire tout ça. » (entretien JCM)

En 'déconstruisant' les index, les généticiens ont pu remonter vers des conventions de mesure qui différaient d'un pays à l'autre. Faisant des allers-retours entre les réunions internationales et leurs implications respectives dans les systèmes nationaux de sélection, ils ont pu soulever et systématiser plusieurs points qui relevaient des différences dans les

méthodes de quantification. Notamment, le problème d'identification des taureaux a été mis en lumière : une fois que la semence d'un taureau était achetée dans un autre pays, il recevait aussi un numéro d'identification dans ce pays-là, ce qui démultipliait ce taureau dans les bases de données et créait des difficultés dans son testage sur la descendance. Des disparités dans les définitions des caractères et les façons de les mesurer ont également été notées par les généticiens. Par exemple, ce que représente la valeur de la production laitière dépend fortement du nombre de lactations, du nombre de traites par jour, du nombre de jours par lactation, etc. Qui plus est, les différences dans systèmes métriques - livres, kilogrammes, litres - rendaient incomparables même les quantités de lait produit. L'attention des généticiens s'est portée également et tout particulièrement sur ce qu'ils appelaient « la base de comparaison » (ou la moyenne) qui peut être mobile ou fixe⁶⁸. Ce point a d'ailleurs été identifié comme l'explication principale de l'écart entre les index des taureaux américains et ceux de certains pays européens, les premiers étant systématiquement plus élevés que les seconds :

« Les États-Unis comparaient toujours leurs taureaux à ceux d'il y a 15 ans et les canadiens changeaient tous les 5 ans. Donc une année leur taureau était à +1500 livres, l'année d'après +1800, ensuite +2000, +2500 etc., car chaque génération suivante est meilleure que la précédente. » (entretien JCM)

“...when I visited AI centers in the US and also in Canada, we discussed a lot and I realized that they misunderstood breeding values. For instance in 1979-80 they had a base of comparison of their bulls with those from 1968. The average bulls' value was taken from 1968. So they understood different things from the breeding values. If you have a base far away all bulls will be “plus” because of genetic trend. So they sold a lot of semen with plus proofs from US which in reality were 0 or minus bulls. And people didn't understand that in Europe. They thought the base was the same, but it was different between all countries.” (entretien JP)

Ce travail d'ouverture des boîtes noires ne visait pas tant à normaliser toutes les méthodes d'évaluation dans tous les pays, qu'à rendre transparentes les différences dans la construction

⁶⁸ On appelle la base fixe une base de comparaison des taureaux dont la moyenne n'évolue pas avec le progrès génétique, ce qui fait que l'index améliorateur est plus haut que sur la base dite mobile où on réactualise la moyenne en prenant en compte le progrès génétique (reformulation de la définition donnée par IDELE).

des valeurs génétiques. La mise en lumière de telles différences a donné lieu en 1977 à une publication dans la revue scientifique spécialisée *Livestock Production Science*. Des recommandations ont alors été faites aux organismes de sélection, d'insémination et d'évaluation pour harmoniser la définition des caractères ainsi que certaines méthodes de mesure et de calcul. Ces recommandations au caractère très peu directif à en juger par le nombre de verbes au conditionnel et l'usage récurrent d'expressions du type « si possible », « quand cela est possible », etc. (Gaillard et al. 1977, 126), s'assimilaient plutôt à un appel à la rigueur scientifique des spécialistes de la sélection bovine qu'à la mise en place d'instruments de régulation :

- « *il est suggéré d'utiliser si possible des méthodes se basant sur la résolution simultanée d'équations convenablement établies* »
- « *Il est recommandé, quand cela est possible, d'utiliser la valeur génétique moyenne du dernier groupe de taureaux dont le contrôle de descendance est terminé.* »
- « *Les valeurs génétiques pour des caractères importants ne devraient pas être publiées si leur précision n'atteint pas 65%* »

Comme en témoigne un des participants de ce groupe, à ce stade, « ces recommandations n'avaient aucun pouvoir, c'était juste un groupe de scientifiques, après les pays faisaient ce qu'ils voulaient. Mais le fait qu'il y ait un échange nous paraissait déjà une bonne chose pour tout le monde » (entretien JCM).

Le constat de différences notables dans les dispositifs d'évaluation, tenant en grande partie à des facteurs géo-climatiques que culturels et agro-alimentaires, de ce fait difficilement normalisables, a plutôt convaincu les généticiens impliqués dans ce travail qu'il faudrait apprendre à composer avec cette diversité des valeurs génétiques circulant dans l'espace marchand globalisé. Dit autrement, il fallait trouver une solution pour établir des classements objectifs de produits ayant des valeurs différentes. Dans le langage de la statistique, cela signifiait rendre commensurables des valeurs génétiques faiblement corrélées.

3.1.3. L'institutionnalisation du problème de comparabilité des index génétiques au niveau international.

Comme le décrit Jan Philipsson, un des protagonistes de la communauté épistémique, dans sa publication dédiée au trentième anniversaire d'Interbull (2005), le professeur Gravert a réussi à obtenir le soutien de la Fédération Internationale du Lait qui avait le statut d'une autorité internationale pour asseoir le problème de comparabilité des valeurs génétiques sur un socle politique mondialement reconnu. De nouveaux représentants des pays non-européens tels que l'Australie, la Nouvelle Zélande, le Canada et même des États-Unis ont également demandé à être intégrés dans le groupe de travail en apportant leurs visions du problème. Selon les témoignages des acteurs impliqués, les divergences d'intérêts entre les exportateurs (les États-Unis et le Canada) et les importateurs (tous les autres pays) a été reléguée au second plan, car l'objectif du travail était avant tout technique et scientifique. Tout supplément d'information, surtout venant des leaders mondiaux en termes de taille de population et d'activité commerciale, était le bienvenu. Néanmoins le leadership restait chez les représentants des pays importateurs européens. Les scientifiques envoyés par les industriels des pays exportateurs ont adopté au début une posture d'observateurs plutôt passifs. « Mais tant qu'ils fournissaient les informations qu'on leur demandait, tout le monde était content » - témoigne un des protagonistes de l'époque (entretien JCM). Il n'y avait donc pas à ces débuts de conflits d'intérêt majeurs dans la communauté de chercheurs œuvrant à la construction d'une objectivité technoscientifique pour la sélection bovine mondialisée.

Le groupe a commencé à organiser des séminaires annuels en impliquant des professionnels des centres nationaux d'évaluation. La communauté s'est élargie non seulement en termes d'espace mondial couvert, mais également professionnellement en devenant un forum international hybride qui, d'une part, œuvrait à la production de la connaissance globale sur l'animal de rente en utilisant les compétences des scientifiques et des professionnels et qui, d'autre part, avait plus de prises pour faire évoluer les systèmes nationaux de sélection bovine en fonction des connaissances produites. Ce « forum international de discussions professionnelles » comme l'a appelé Philipsson (2005) est rapidement devenu un « succès ». Les acteurs soulignent une importante participation à ces séminaires :

« C'étaient des échanges [de spécialistes] qui étaient en train de faire évoluer leurs méthodes. Ça servait à les faire converger. Et surtout, pour ceux qui faisaient évoluer

leurs méthodes c'était très utile de venir là et de discuter avec ceux qui avaient des problèmes analogues. Ils échangeaient entre eux, il y avait ces communications, c'était un succès fantastique ! » (entretien JCM)

"I would notice the steadily increasing attendance and appreciation for the meetings, where both scientists and industry people reported about developments to be applied internationally." (entretien JP)

Bien que le groupe fût dépourvu de pouvoir décisionnel officiel et direct, il ne faut pas sous-estimer son impact sur la structuration de l'espace international des circulations de la génétique. En témoigne la publication en 1981 des listes de références croisées des taureaux utilisés dans les différents pays qui, en systématisant l'utilisation des informations internationales, a pu contribuer à la résolution du problème d'identités multiples des taureaux. Les intérêts commerciaux des vrais propriétaires des taureaux dont la semence était utilisée à l'étranger, ont pu ainsi être préservés.

Enfin, en 1983 les trois figures scientifiques à la tête des trois organismes internationaux du secteur des productions animales, Patrick Cunningham de la FEZ, Hans-Otto Gravert de la FIL et Arne Roos d'ICAR, ont décidé de renforcer la légitimité de ce groupe en lui donnant leur soutien et en l'officialisant en tant que comité conjoint sous le nom d'Interbull. Des représentants par pays ou zone géographique ont été nommés pour former un Comité de pilotage (Steering Committee) de sept membres-fondateurs (leur nombre n'a presque pas changé depuis bien que le nombre de pays impliqués ait presque triplé pour passer de 12 dans les années 1980 à 34 dans les années 2000). Les représentants se sont répartis les zones de cette manière :

- 1) France et Belgique
- 2) Allemagne, Autriche et Suisse
- 3) Pays-Bas et Royaume-Uni
- 4) Pays nordiques (Danemark, Suède et Finlande)
- 5) Irlande
- 6) Canada
- 7) États-Unis

Plus tard, trois autres représentants se sont ajoutés à la liste : pour la zone de l'Europe du Sud (Italie, Espagne et Portugal), pour la zone de l'Europe de l'Est (Pologne, Slovaquie, République Tchèque) et pour la zone d'Océanie (Australie et Nouvelle Zélande).

Le poste de Secrétaire permanent a été créé et c'est Jan Philipsson, un chercheur-généticien de l'Université Agricole d'Uppsala en Suède qui l'a occupé pendant plus de vingt ans. Avec lui, Interbull a eu une adresse officielle en Suède.

Il a été également décidé de publier un Bulletin annuel pour y présenter les résultats des réunions. Ces dernières se sont d'ailleurs multipliées face à la pression des industries nationales des pays importateurs pour trouver des solutions méthodologiques permettant enfin de comparer les index des animaux et établir des classements fiables.

En 1988, la question de l'autonomie administrative et financière d'Interbull a été portée à l'attention des partenaires impliqués. L'ICAR, dont le cœur de métier était la standardisation des processus techniques et organisationnels dans les productions animales (contrôle laitier, identification) a proposé d'accueillir Interbull en son sein en tant que sous-comité permanent⁶⁹ - une entité autonome dans sa prise de décisions stratégiques avec son propre organe de pilotage. Alors à la tête du Département des productions animales (Animal Productions Division) de la FAO, Patrick Cunningham, considéré dorénavant comme le 'père' d'Interbull, a obtenu le support politique et financier de cette organisation internationale de renom dans le domaine du savoir et du développement agricoles. Ce soutien était conditionné à l'objectif de développer un service d'évaluation génétique répondant au besoin de comparaison 'objective' des valeurs des taureaux entre les pays. L'autonomie financière d'Interbull serait ainsi assurée par les cotisations des pays adhérant à ce service.

Ces avancées institutionnelles ont procuré un statut officiel à la problématique de comparabilité des valeurs génétiques dans l'espace du commerce international de la génétique bovine. Les évolutions des méthodes d'évaluation étaient en même temps discutées et débattues dans les forums de discussion organisés en moyenne deux fois par an.

3.1.4. La construction de l'Europe comme « fenêtre d'opportunité politique » pour promouvoir la diversité des valeurs génétiques.

« C'était une initiative européenne contre l'invasion américaine. » (entretien JCM)

"We were Europeans, all of us." (entretien JP)

⁶⁹ ICAR a trois autres sous-comités techniques qui développent leurs activités de standardisation, de préconisation et de certification des outils et des pratiques dans l'identification animale, dans le contrôle de performance et dans le contrôle laitier dans le monde entier.

Aucun des acteurs interviewés lors de mes investigations de terrain n'a évoqué explicitement le lien entre l'activité du groupe de travail et le projet de la communauté européenne qui, en pleine construction à cette époque-là (à partir des années 1950), prenait de plus en plus de poids politique. Les scientifiques ont souvent une relation assez ambiguë avec la politique. Tout en inscrivant leurs recherches dans les agendas politiques, ils ont du mal à admettre leurs engagements et mettent en avant le souci d'objectivité impartiale. Néanmoins, le fait que les 'pionniers' de l'initiatives internationale devenue Interbull s'identifient en tant qu'Européens en s'opposant aux Américains en dit beaucoup sur leur culture commune portée par l'idée de la diversité dans la conception de l'espace européen.

Mis à l'agenda européen depuis la déclaration de Schumann de 1950, le concept de diversité équilibre celui d'unité. Selon la CVCE⁷⁰, qui se réfère à Carlo Curti Gialdino, politiste italien spécialiste des symboles européens, la devise européenne « Unis dans la diversité » (In varietate concordia) officiellement adoptée en 2000 représente le résultat d'une longue construction historique. Elle était utilisée depuis le milieu du siècle précédent pour évoquer les caractéristiques particulières de l'idée de l'Europe. L'historien Jean-Baptiste Duroselle (1917-1994) s'en servait déjà dans ce sens au milieu des années 1960, en faisant observer qu'elle « suppose, d'une part, la division de l'Europe en États indépendants [...] et, d'autre part, la reconnaissance par ces États du fait qu'ils ont des intérêts généraux communs ». La tension entre l'unité et la diversité a toujours accompagné la construction de l'Europe communautaire, surtout dans son opposition au 'nouveau monde' américain. En 1993, un des rapports de la Commission européenne dit « Rapport De Clercq » proposait la devise *In uno plures*, afin de symboliser l'unité dans la diversité par opposition à la devise américaine *E pluribus unum*. La stratégie identitaire européenne est donc affichée comme distincte de celle des États-Unis, les deux se référant à des conceptions différentes du regroupement.

Ce que Kingdon (2014) appelle une « fenêtre d'opportunité politique » (*policy window*) est une occasion conjoncturelle pour faire avancer des idées, pour lancer un projet, pour mettre telle ou telle question à l'agenda politique. Dans la seconde moitié du XXe siècle, en pleine construction de l'Europe communautaire, l'idée de l'unité dans la diversité ouvrait une telle fenêtre. Les vaches communautaires, dont les « vaches de la République »⁷¹ française étaient des exemples parfaits, pouvaient porter cette idée. Les généticiens ont donc saisi cette opportunité pour défendre les intérêts des éleveurs et sélectionneurs de leurs pays respectifs

⁷⁰ CVCE est une infrastructure de recherche de l'Université du Luxembourg qui donne accès à des documents et publications sur le processus de la construction européenne.

⁷¹ Référence au nom du livre de Bertrand Vissac (2002) « Les vaches de la République »

en créant un lien avec une cause plus générique de la diversité des systèmes de production, des traditions culturelles et alimentaires et aussi de la diversité génétique inter- et intra- raciale des animaux liée à la diversité des milieux. Ils se sont engagés dans le travail commun au sein de leur *communauté épistémique* pour trouver un moyen de continuer à faire coexister les différents agencements nationaux de la sélection bovine. A l'intérieur du même standard de race, on pouvait ainsi imaginer une diversité de valeurs qui reflètent celle des milieux dans lesquels ce standard est appliqué. Cela apparaissait d'autant plus nécessaire aux généticiens qu'il s'agissait de populations d'organismes biologiques dont la survie à terme était garantie par la variabilité génétique. Comme nous l'avons vu dans le premier chapitre, en génétique, cet enjeu est considéré comme crucial pour la pérennité de la sélection.

Nous verrons tout le long de l'histoire d'Interbull devenu deux décennies plus tard une institution internationale, que les valeurs identitaires européennes sont toujours bien présentes, ce que confirment entre autre des financements conséquents de la part de l'Union Européenne. Comme me l'a confié en 2016 un scientifique australien, expert international en génétique quantitative,

“Interbull is still mainly dominated by all these old European countries that all have their own genetic evaluation system and they want to talk to each other and compare.”
(entretien MG)

Les déplacements du curseur des priorités politiques entre la 'diversité' et l'unité' sont d'ailleurs corrélés aux logiques en compétition dans la sélection bovine européenne : logique scientifique et logique marchande. C'est par les scientifiques que la pluralité des valeurs génétiques des races globalisées a été maintenue malgré les tendances globalisantes du marché de la génétique bovine. Mais plus tard, la même conjoncture de l'Union Européenne aura ouvert une autre fenêtre d'opportunité politique aux producteurs de la semence bovine réunis dans le consortium Eurogenomics pour promouvoir l'unité' (plutôt que la 'diversité') dans l'évaluation génétique bovine (cf. chapitre 4).

3.2. La commensuration des index génétiques. Préserver la diversité par la standardisation

Le premier Interbull Bulletin paru en 1986 sous le titre « Procedures for international comparisons of dairy sires - current practice and evaluation methods » présente le bilan de la

décennie écoulée et discute les avancées méthodologiques travaillées par la communauté épistémique pour résoudre le problème de comparabilité des valeurs génétiques au niveau international. Il y est constaté notamment que la tentative d'homogénéisation des méthodes entre les pays proposée dans la première publication du groupe de travail en 1977 (Gaillard et al. 1977) n'a pas donné de résultats probants. Des différences considérables persistaient dans les mesures de production (kilogrammes, livres, litres, lactation calculée en 300, 305 jours ou à l'année, etc.), les coefficients de précision des évaluations (CD) et surtout les 'bases de comparaison' (fixe ou mobile).

Face à l'urgence (soulignée une fois de plus) de trouver des solutions ad hoc au problème de comparabilité des index entre les pays, de premières propositions méthodologiques ont été présentées et analysées. Une méthode de conversion par régression a été proposée en 1981 et réactualisée en 1984. Cette méthode ne supposait en théorie presque pas d'adaptation des procédures d'évaluation au niveau national, mais elle pouvait être appliquée seulement dans une configuration bilatérale, et exigeait d'appliquer des formules différentes dans les sens 'export-import' et 'import-export', ainsi que lorsque les 'bases de comparaison' étaient différentes entre les pays. Cette solution, malgré toute la complexité d'application à grande échelle, a pu être utilisée par plusieurs pays pendant quelques années. Une autre méthode proposée en 1984 prévoyait in fine une procédure simplifiée de traitement des index nationaux dans leur ensemble tout en les rendant comparables malgré leurs différences. A ce titre, elle nécessitait l'établissement d'une nouvelle convention d'équivalence entre les systèmes nationaux d'évaluation. Une homogénéisation de certaines procédures d'évaluation était donc nécessaire pour fonder la *commensuration* (Espeland et Stevens 1998b; 2008; Busch 2013; Desrosières 2014) par une métrique commune permettant de « transformer les différences en ordre de grandeur » (Espeland et Stevens 1998b, p. 316) afin de « comparer l'incomparable » (Desrosières 2014, p. 164). Les deux méthodes faisaient face à une contrainte majeure : l'impossibilité de partager les données de base de toute évaluation génétique – les phénotypes provenant du contrôle des performances des animaux en production – considérées par les pays comme stratégiques et relevant de ce fait du 'secret commercial'. L'approche de *commensuration* devait relever ce défi avec davantage de rigueur, notamment en tenant compte de l'effet d'*interaction génotype-milieu (G*E)* (cf. paragraphe 2.3.3.) dans la méthode statistique d'évaluation.

3.2.1. Les premières solutions : des formules de conversion

La convertibilité des valeurs génétiques entre les différents pays, à l'exemple des devises monétaires, s'est présentée comme la solution la plus évidente. En apparence facile à utiliser, le concept de la convertibilité monétaire est en fait très complexe et ne se réduit pas à la seule possibilité de 'traduire' les devises d'un pays en devises d'un autre en appliquant le taux de change du jour (Heilperin 1954). La conversion des valeurs génétiques s'en rapprochait dans l'idée de la 'traduction' ainsi que dans la complexité de la mise en pratique.

Les échanges entre les chercheurs et les professionnels de l'évaluation qui travaillaient chacun de son côté sur l'évolution des méthodes de calcul au sein des organismes nationaux de recherche ont finalement abouti à une formule de conversion type fondée sur des méthodes statistiques de régression. Si un éleveur ou un sélectionneur dans un pays voulait acquérir un taureau ou sa semence dans un autre pays, il suffisait qu'il applique la formule $Index\ pays\ B = constante\ a + coefficient\ b \times Index\ pays\ A$ pour connaître la valeur de ce taureau dans son pays d'accueil. Les composantes ('constante a' et 'coefficient b') étaient publiées et régulièrement mises à jour par des organisations professionnelles nationales agréées. Les éleveurs et les sélectionneurs pouvaient utiliser ces informations accessibles dans les sources professionnelles (Fig. 57).

Pays d'origine	Coef	Lait	QMG	QMP	Cel
Allemagne et Autriche	a	-387.0	-4.700	-11.90	-8.940
	b	0.990	1.000	0.940	0.090
Allemagne et Autriche (Red)	a	-890.9	-16.50	-23.27	.
	b	0.990	1.000	0.940	.
Australie	a	-806.0	-14.30	-24.20	-4.120
	b	1.390	1.490	1.380	0.036
Belgique - Wallonie	a	-810.0	-22.70	-24.30	-7.100
	b	1.170	1.150	1.070	2.286
Canada	a	-301.0	-7.900	-16.20	12.670
	b	0.800	0.830	0.780	-4.242
Croatie	a	-5246	-194.6	-148.9	-9.020
	b	45.940	1.810	1.300	0.087
Danemark, Finlande et Suède	a	-5781	-220.9	-164.1	-9.450
	b	56.160	2.260	1.630	0.099
Espagne	a	-503.0	-18.10	-20.80	-10.16
	b	1.130	1.160	1.070	0.100
Estonie	a	-656.0	-10.50	-19.50	-8.020
	b	0.960	1.040	0.900	0.079
Etats-Unis d'Amérique	a	-146.0	-6.200	-12.00	15.410
	b	0.900	1.000	0.960	-5.142
Hongrie	a	-369.0	-11.70	-16.80	0.020
	b	0.880	0.970	0.800	-0.755
Irlande	a	-1392	-31.70	-36.60	-0.220
	b	3.940	3.840	3.660	-10.38

(1)

Pays de destination	Coef	Lait	QMG	QMP	Cel
Allemagne et Autriche	a	383.33	4.546	11.632	98.871
	b	0.829	0.794	0.798	10.108
Allemagne et Autriche (Red)	a	805.19	13.919	21.290	.
	b	0.829	0.794	0.798	.
Australie	a	387.56	0.394	8.766	116.84
	b	0.507	0.416	0.431	23.335
Belgique - Wallonie	a	669.54	19.328	21.085	2.978
	b	0.583	0.581	0.594	-0.401
Canada	a	422.30	11.030	22.332	2.986
	b	1.046	1.028	1.027	-0.204
Croatie	a	112.71	107.66	112.57	102.74
	b	0.015	0.361	0.506	8.425
Danemark, Finlande et Suède	a	101.42	96.762	98.544	95.696
	b	0.015	0.367	0.504	9.616
Espagne	a	485.53	17.053	20.837	101.74
	b	0.750	0.741	0.749	9.258
Estonie	a	564.38	6.096	16.937	99.940
	b	0.797	0.742	0.849	10.119
Etats-Unis d'Amérique	a	137.19	5.631	11.304	3.007
	b	0.914	0.858	0.833	-0.156
Hongrie	a	365.64	10.000	17.613	0.131
	b	0.956	0.870	1.040	-1.135
Irlande	a	295.89	4.504	6.339	-0.029
	b	0.232	0.191	0.210	-0.085

(2)

Fig. 57 Exemple des « ingrédients » à appliquer dans les formules de conversion : (1) de l'étranger vers la France ; (2) de la France vers l'étranger. Source : IDELE, www.idele.fr, consulté le 21/05/2017

La pratique des conversions a rencontré un grand succès parmi les professionnels de l'évaluation génétique, mais elle s'est révélée extrêmement complexe à mettre en place au niveau international. Les années 1980 sont qualifiées par les acteurs interviewés comme « une vraie époque de conversions ».

A ce moment-là, on s'est mis à publier, l'INRA et l'IE [Institut de l'Elevage en France devenu IDELE], des équations de conversion qu'on mettait à jour chaque année. Chaque pays faisait ça, il y a eu des travaux de scientifiques sur la meilleure façon de calculer la régression. (entretien JCM)

Le tableau ci-dessous (Fig. 58) présente une synthèse de travaux sur la méthode de calcul des facteurs de conversion effectués et présentés en 1984 à la réunion internationale du groupe de travail IDF/FEZ.

author	author code	method for estimation of b	code	countries and base definitions referred to	lactations included in sire proofs
Averdunk, G. and M. Schneeberger (1984)	A	least squares (method 2 in chapter 3)	CH DBY DBW USA	Switzerland, rolling base Bavaria (Germany), rolling Baden-Württemberg (Germany), rolling United States, fixed	first first all all
R. Powell (1984)	B	1. least squares from unregressed MCD (close to method 4) 2. b derived from scale definitions	CDN USA	Canada fixed (when reported) fixed (PD 74)	first all or first *)
Goddard, M. (1984)	C	least squares from deregressed proofs (method 4)	AUS *NZ	Australia fixed New Zealand fixed	all all
Lederer, J.A. (1984)	D	least squares (method 2)	CDN DNS USA	Niedersachsen (Germany) rolling fixed fixed	first all all
Swanson, G. J. T. (1984)	E	least squares (method 2)	AUS CDN NZ UK	fixed rolling fixed United Kingdom fixed	all first all first
Wickham, B. W. (1984)	F	average of least squares estimators b_{yx} and b_{xy}	AUS CDN NZ	fixed rolling fixed	all first all
Wilmink, J.B.M. and W.M.G. Wismans	G	least squares from deregressed proofs (close to method 3)	CDN DNS NL USA	rolling fixed Netherlands fixed fixed	first first*) first all

Fig. 58 Méthodes appliquées à l'estimation des facteurs de conversion. Source : (Philipsson et al. 1986)

Les inconvénients de la méthode de conversion étaient nombreux. Elle ne permettait d'effectuer les opérations qu'en bilatéral, ce qui démultipliait les calculs compte tenu de la densification des échanges génétiques entre les pays. Les composantes de la formule devaient être calculées au cas par cas par les généticiens quantitatifs professionnels qui étaient supposés être en possession de toutes les informations nécessaires et à jour en provenance des pays concernés. La 'constante a' ainsi que le 'coefficient b' devaient être recalculés à chaque fois que la procédure d'évaluation nationale changeait de 'base de comparaison', c'est-à-dire une fois par an au minimum dans le cas de l'utilisation d'une base dite 'mobile'. Les facteurs différaient également en fonction de qui, pays importateur ou pays exportateur, effectuait le calcul.

“So it turned out that if you wanted to do it systematically you would have hundreds of thousands of conversion formula, so people were trying to keep track of that. It was not practical because you needed to recalculate these formulas as soon as any country changed the base for evaluation.” (entretien JP)

« C'était d'une complexité ! Tout le monde faisait de la régression dans tous les sens. Il fallait en faire une dans un sens et une dans l'autre sens, car pour les pays « holsteinisés », il y avait des échanges dans tous les sens. Donc pour chaque caractère, il y avait 2 formules pour chaque pays qui devaient être adaptées au moins une fois par an, pas toujours à la même époque. » (entretien JCM)

« C'était très lourd. Ce n'était pas une analyse complexe, mais c'était quand même peu pratique de faire ça. [...] Les éleveurs ne comprenaient pas vraiment non plus. Et en plus ça dépendait beaucoup d'une personne, comme par exemple à l'INRA en France, pour faire ces calculs. » (entretien BVD)

Ainsi, la conversion comme moyen de rendre les valeurs génétiques comparables entre les pays s'est révélée en pratique une tâche difficilement gérable à grande échelle malgré l'évidence et la simplicité *a priori* de la solution. Les formules de conversion sont toujours publiées par chaque pays membre d'Interbull afin de permettre aux éleveurs et aux organismes de sélection d'effectuer par eux-mêmes des opérations de 'traduction' au cas par cas (notamment, lorsqu'il s'agit des taureaux qui n'ont pas de filles à l'étranger). Notamment,

en Afrique du Sud, comme nous le verrons dans le dernier chapitre, les méthodes d'évaluation génomique locale sont 'bricolées' notamment à partir des formules de conversion.

L'avantage considérable de la méthode est en effet qu'elle peut s'appliquer à la conversion de la valeur génétique d'un taureau qui n'a pas encore de filles dans le pays de destination. Mais cet avantage devient un inconvénient lorsque les exigences de précision d'évaluation sont élevées. En effet, le fait que le taureau ne soit pas encore testé sur descendance dans le pays d'accueil rend sa valeur dans ce pays difficilement estimable avec un bon degré de fiabilité. Le manque de précision est également dû au fait que les conversions ne tiennent pas compte des corrélations génétiques basses entre les pays.

3.2.2. Le modèle MACE comme outil de commensuration. Saisir la diversité dans son ensemble

La complexité de mise en pratique et le manque de précision de la méthode de conversions représentaient un défi à relever pour les généticiens qui continuaient à travailler sur la seconde approche – celle de *commensuration* des valeurs génétiques produites dans différents pays. Comment simplifier la procédure en traitant les données de tous les pays ensemble ? Comment mettre les pays d'accord sur l'homogénéisation de certaines procédures d'évaluation ? Comment intégrer l'estimation des corrélations dans les calculs internationaux ?

Comme cela a été déjà dit (cf. section 2.3. du précédent chapitre), les faibles corrélations entre les valeurs génétiques sont révélatrices de l'effet d'*interactions génotype-milieu* (Falconer 1952). Cela implique donc une notion du milieu qu'il convient de définir pour pouvoir estimer quantitativement son effet sur la valeur génétique de l'animal, pour la corriger et construire ainsi les classements objectifs pour différents environnements. Les généticiens ont identifié une possible solution à leur problème dans les travaux sur l'*interaction génotype-milieu*, notamment ceux de J. S. James (1961) qui a développé des outils méthodologiques de calcul adaptés à la situation où « seulement une ou quelques populations fortement améliorées seraient amenées à être utilisées dans des environnements différents » (p. 145). L'idéal scientifique exigeait de pouvoir distinguer la 'vraie' interaction au niveau biologique, de l'interaction prise dans le sens plus large, plus 'social' c'est-à-dire l'effet de l'environnement sur la valeur génétique qu'on donnait à l'animal dans un contexte donné. Dans le premier cas, selon la méthode de James, il aurait fallu avoir accès aux données de phénotypes des animaux évalués. Mais ce prérequis était

impossible à concilier avec le ‘secret commercial’ des pays. Et les recherches sur la ‘vraie’ *interaction génotype-milieu* biologique n’étaient pas encore bien développées dans le domaine animal. Il a donc été jugé pertinent et tout à fait acceptable de gérer les corrélations entre les valeurs génétiques en estimant l’effet d’*interaction génotype-milieu* dans lequel le milieu est défini comme le pays avec toutes les particularités liées aux systèmes nationaux de sélection et d’évaluation.

“All countries agreed that if we could correlate the genetic evaluations among countries and get an estimate of that correlation that would be reflective of genotype by environment interaction where the environment is defined as the country. And that could be the most appropriate methodology to use in the Interbull service.” (entretien GB)

Le professeur Larry Schaeffer avec son équipe de l’Université de Guelph au Canada s’occupait principalement de l’élaboration d’un tel modèle de calcul. Il utilisait la méthode statistique du BLUP (cf. paragraphe 2.1.4. du chapitre 2) en l’adaptant au contexte ‘global’ (SuperBLUP), ce qui exigeait, comme je l’ai mentionné plus haut, une certaine homogénéisation des méthodes d’évaluation entre les pays. Les échanges intensifs entre généticiens et professionnels de l’évaluation dans les forums internationaux ont fini par conduire à une acceptation normative de la méthode BLUP au sein de la communauté des généticiens quantitatifs impliqués dans les évaluations bovines. Un consensus entre les centres de calcul nationaux sur l’adoption de la ‘base de comparaison’ mobile (c’est-à-dire, pour laquelle la moyenne évolue tous les ans avec le progrès génétique des troupeaux) a été également plus ou moins acquis. Au début des années 1990, le modèle d’analyse statistique MACE (Multi-trait Across Country Evaluation) était prêt à être testé au niveau international.

Le directeur du Réseau Laitier Canadien (CDN pour Canadian Dairy Network)⁷², et représentant canadien à Interbull, témoigne de ce passage des formules de conversion au modèle MACE:

« Moi, j’étais ici au Canada un employé du centre d’insémination le plus important du pays. J’étais dans cet organisme depuis 1986 et donc j’étais très au courant des

⁷² CDN est le centre d’évaluation génétique canadien privé faisant néanmoins partie du dispositif coopératif national de sélection. Il a été créé en 1994 pour succéder au dispositif d’évaluation installé au sein de l’organisme de recherche publique pour devenir un centre de service financé par les éleveurs et les organismes de sélection.

formules de conversion, de la manière dont on faisait les calculs. Et de fait j'ai calculé ces formules de conversion pour le Canada. Et lorsque Dr Schaeffer a développé MACE, on était très intéressé et on a commencé à utiliser cette approche-là et on a développé le logiciel, une approche informatique pour faire ces calculs-là. Et puis Larry Schaeffer a présenté ça dans un forum d'Interbull. Et là, on a dit au Canada: "on peut vous offrir ce modèle et ce logiciel MACE gratuitement pour qu'Interbull puisse l'utiliser pour calculer les évaluations au niveau international." Et on a testé entre quelques pays. On a commencé seulement entre les USA et le Canada et on a impliqué d'autres pays d'Europe aussi.» (entretien BVD)

L'étude-pilote a été financée par l'organisation européenne d'agriculteurs COPA-COGECA⁷³, ce qui était pour les membres de la communauté épistémique une vraie reconnaissance de la pertinence du travail accompli (Philipsson 2005). C'était également un témoignage de cette pertinence pour la culture identitaire européenne, comme je l'ai montré plus haut. En effet, COPA-COGECA, dont les entités ont été créées avec la PAC (Politique agricole commune), veille toujours au respect des « intérêts spécifiques et généraux »⁷⁴ des agriculteurs et des coopératives agricoles toujours selon l'idée de l'union dans la diversité.

En tant que modèle linéaire, le MACE se présente comme suit (Fig. 59) :

$$Y = c + g + s + e$$

Where: **Y** = De-regressed national genetic evaluations **c** = Country of evaluation effect **g** = Genetic group of bull effect, defined by the bull's population of origin and year of birth **s** = Bull genetic effect including genetic relationships among bulls in all participating countries **e** = Residual effect.
The international predicted genetic merits will be formed by the sum of the solution for the bull, the genetic group and the country effects.

Fig. 59 La formule du modèle MACE. Source : Interbull

L'effet du pays (**c**) renvoie justement à l'effet d'*interaction génotype-milieu* où le milieu est défini comme système national de sélection pour une race donnée.

Scientifiquement, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, les modèles se basent sur des hypothèses et des approximations caractéristiques de toute méthode statistique.

⁷³ Résultat de fusion en 1962 de deux organisations représentatives européennes : COPA (Comité des organisations professionnelles agricoles) et COGECA (Confédération générale de la coopération agricole)

⁷⁴ Selon l'expression utilisée sur le site Internet de l'organisation <https://copa-cogeca.eu/> (consulté le 28/01/2020)

Comme me l'a confié un des généticiens interviewés, « on a mis autant de mathématiques qu'on a pu pour rendre les choses comparables, mais il y a toujours des choses que les mathématiques ne peuvent jamais prendre en compte » (entretien PS). Selon l'expression d'un autre protagoniste, « on est obligé d'appliquer une 'fenêtre de crédibilité biologique' » (entretien JD). Cette « fenêtre de crédibilité biologique » qui représente une marge d'erreur scientifiquement acceptable lorsqu'il s'agit de la quantification des organismes vivants, s'élargit, comme nous allons le voir dans le paragraphe suivant, aux critères de crédibilité politique et économique également.

Le modèle a permis de contourner le problème politique de l'impossibilité de partager des données de phénotypes en employant la méthode statistique dite de 'dé-régression' (Y). Elle indique que le résultat final d'un calcul (index génétique ou EBV) impliquant initialement plusieurs 'ingrédients', peut être de nouveau mathématiquement déconstruit pour obtenir un 'aperçu' de ses composantes de base. La convention d'équivalence impossible à obtenir socialement et politiquement, semblait pouvoir l'être mathématiquement, à l'aide de telles méthodes statistiques.

Le modèle MACE était donc presque prêt à servir pour résoudre le problème de comparabilité des valeurs génétiques des taureaux participant aux échanges marchands globalisés. Les index commensurés pouvaient être classés pour définir 'objectivement' la qualité des produits en fonction de leurs valeurs dans chaque pays (Fig. 60)

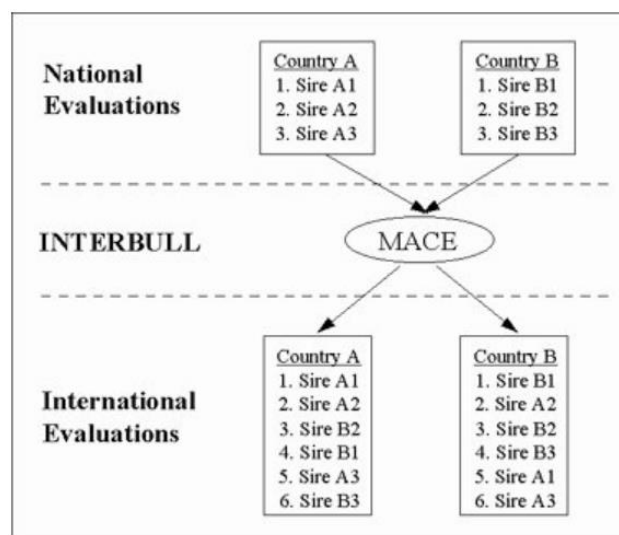


Fig. 60 Différentiation des classements des taureaux des pays A et B avec les évaluations internationales.

Source: Interbull

Mais avant que ce standard d'évaluation international ne soit opérationnel, il était nécessaire que la légitimité de MACE soit reconnue par les différents acteurs. Notamment, les acteurs économiques jusqu'alors formellement exclus des discussions scientifiques et techniques, qui étaient pourtant des acteurs clés sur le marché de la génétique et donc les destinataires finaux du service de commensuration, devaient se l'approprier. Il fallait également décider de qui effectuerait les calculs et dans quelles conditions techniques.

3.2.3. Le MACE à la table des négociations

“So there is much more than ‘genotype by environment interaction’. That is the main scientific justification for MACE. But we have a lot of differences in definitions of the traits, differences in the models, in the units. All this somehow addressed by having this international correlation between countries as the basis for MACE. [It] is an opportunity for other populations beside the dominant ones to have more access to information and also to have an objective way of comparing genetic evaluations that run in each country.” (entretien JD)

Les avantages techno-politiques de l'outil sont notables : (i) il permet de prendre en compte les informations au niveau multilatéral (et pas seulement bilatéral comme c'était le cas des formules de conversion) ; (ii) il n'exige pas de la part des pays le partage des données brutes des phénotypes de leurs taureaux qu'ils ne souhaitent pas rendre accessibles à toute la communauté ; (iii) il différencie les classements des taureaux en fonction de leur 'vrai' potentiel génétique dans chaque pays (Fig.5) et peut ainsi favoriser un commerce international 'juste' ; et (iv) ce processus de standardisation consolide le réseau d'acteurs professionnels aussi bien des pays importateurs qui ont initié le projet que des pays exportateurs qui « préfèrent être dedans que dehors » (entretien MF et JM).

Néanmoins, la mise en place opérationnelle de cette méthode était loin d'être acquise. Des négociations très intenses ont continué pendant presque deux ans pour convenir des formalités, des règles et des normes qui rendraient opérationnelle l'évaluation internationale, et qui devraient par la suite être codifiées dans les documents juridiques lorsque le service serait officiellement lancé avec la création du centre de calcul. Etant donné que tout au long du travail épistémique sur le problème de comparaison des valeurs génétiques entre les pays, les généticiens ont tout fait pour s'affranchir de l'influence du marché sur un travail qu'ils considéraient relever de l'objectivité technoscientifique, le temps était venu d'en négocier

« l'acceptabilité »⁷⁵ avec les acteurs économiques qui produisaient et commercialisaient le progrès génétique. Implicitement, il s'agissait des acteurs de l'industrie américaine comme leaders sur le marché mondial. Plusieurs points de désaccord avaient été relevés par les acteurs interviewés. L'un d'eux portait sur la pertinence de différencier les valeurs génétiques entre les pays en tenant compte de l'*interaction génotype-milieu*.

« La grosse polémique c'était de dire que c'est l'hérédité des interactions génotype-milieu, on n'y peut rien et il faut qu'on en tienne compte dans les évaluations génétiques. C'était la position des scientifiques et d'Interbull. Et la position des commerciaux, c'était de dire que c'était trop compliqué et que si on voulait s'en sortir, on n'avait qu'à se dire que c'était le même milieu partout et comme ça on aura le même classement de tous les taureaux dans tous les pays et donc comme ça celui qui aura le meilleur taureau, vendra de sa semence partout. Mais c'est très commercial et politique comme envie. Les Américains et les Canadiens se sont beaucoup battus là-dessus, mais on a tenu bon. Les Américains disaient : nous quand on fait nos calculs, on fait hypothèse qu'entre la Californie et le Nord-Est, on a une corrélation '1', alors que c'est pas du tout les mêmes conditions d'élevage. Mais pour avoir une évaluation nationale, on compare tout le monde pareil. Et c'est pareil en France : entre le nord où les productions sont très élevées et les montagnes du sud-est où c'est plus difficile, on fait hypothèse d'une corrélation de 1. Donc si on fait ça au niveau national, pourquoi on ne le fait pas au niveau mondial ? Alors là ce sont des compromis technico-politiques. C'est-à-dire qu'on ne peut pas dire spontanément « on fait comme ça ! » si plein de gens disent « ben non, ce n'est pas acceptable ». C'était à nous de faire que les résultats d'Interbull soit acceptables. » (entretien JCM)

“You need to remember that the index is a social-economic weighting that you apply to those biological values to have an impact on the production for the animal and for the economics of the farmer. The main differences are social and socio-economic. Biological differences are not very important. It's only when you are applying different social and economic criteria, it makes values significantly different.” (entretien JM)

⁷⁵ Ce mot revient très souvent dans les discours des généticiens portés toujours par la vision du processus linéaire de l'innovation dont le modèle est déconstruit depuis un moment par des travaux des STS (cf. par exemple Callon, Rip, et Joly 2015).

“If the US was not one big country with one national evaluation, if each of our states was acting like a country, like in Europe, I mean if animals moved across state borders like animals move across national borders in Europe, maybe we would have more need from dairy farmers perspective to actually have something like Interbull values to put everything on the same base. We don't have with this big geography animal's move within the continent, the genetic correlations are very high and there are not a lot of reasons or any of putting things on different bases.” (entretien MF)

Cette polémique révèle des différences entre une logique scientifique, qui insiste sur la nature biologique des produits commercialisés, et une logique commerciale (ici représentée par les acteurs de l'industrie de semence américaine) dont l'objectivité reste dans le registre économique. Même s'ils admettent qu'il y a une certaine pertinence à comparer les valeurs entre les pays (« comme en Europe »), les industriels américains, en tant que grands producteurs et exportateurs de la semence Holstein, sont favorables au principe d'unicité du 'milieu' permettant un même classement des valeurs pour favoriser le commerce.

Les acteurs européens soulignaient souvent la différence d'attitude selon les pays lors des négociations au sein du Comité de Pilotage d'Interbull :

« Suivant la structure des pays, on s'est rendu compte qu'il y avait l'industrie et l'intérêt commercial qui donnaient des instructions à ceux qui faisaient des évaluations ou l'inverse. Dans les pays comme les États-Unis ou même le Canada, c'était l'industrie et les commerciaux qui poussaient leurs scientifiques à proposer des solutions qui les arrangeaient. Nous [IDELE et INRAE] on était perçus comme les gens qui donnaient toujours raison à la technique. On a eu des 'bagarres' ». (entretien JCM)

“...many of the AI studs [entreprises d'insémination artificielle] in the US wanted to sell semen in Europe and they thought that they could have a better market if they didn't have Interbull. So Interbull was seen as an obstacle on the market of the semen. But we wanted to produce correct values in an objective way with no profit reasons.” (entretien JP)

Dans la poursuite de désaccords entre la logique scientifique mise en avant par les pays européens et celle plutôt commerciale promue par les états nord-américains, les chercheurs

français de l'INRA et de l'Institut de l'Élevage se sont rendu compte que les index des taureaux nord-américains sortaient d'une manière trop régulière en tête des classements ou, pour le dire dans le langage des professionnels de l'évaluation, étaient « biaisés ». Ils ont alors mis en place des tests de validation du progrès génétique. Ces tests ont été adoptés par Interbull et chaque pays, avant d'être autorisé à participer aux évaluations internationales, devait les passer pour vérifier que les évaluations nationales ne surestimaient ou ne sous-estimaient pas le progrès génétique de leurs taureaux. La mise en place de ces tests a pris du temps et suscité des débats aussi bien techniques que politiques lors des réunions de travail d'Interbull.

« On a eu une période assez chaude au milieu des années 90. On a dit qu'on ne pouvait pas développer les évaluations internationales tant que tout le monde n'avait pas fait le ménage chez soi et n'avait pas prouvé que la méthode qu'il appliquait dans son pays n'allait pas entraver le résultat des évaluations internationales. Le problème c'est que nous devons mettre en place une méthode qui permette de valider les données des évaluations nationales. Ce qui n'est pas facile car quand on est à l'extérieur, on ne possède pas les données de ces pays. Il fallait qu'on trouve une méthode applicable par un organisme neutre. Ça a pris du temps. On a réussi à mettre en place un panel de méthodes qu'Interbull utilise maintenant en standard au niveau des évaluations. » (entretien SM)

Cette mise en conformité des données nationales qui servaient de données d'entrée à l'évaluation MACE impactait en profondeur tous les systèmes nationaux de sélection. La commensurabilité des résultats dépendait en effet de toute la chaîne de construction de ces résultats. Rappelons-nous la mise en garde de Desrosières (2014) à ce sujet : ne prêter attention qu'au résultat calculé, c'est courir le risque d'oublier l'importance de tout le processus de quantification (cf. paragraphe 2.1.1.).

« J'ai donc beaucoup travaillé avec différents pays sur le côté fiabilité, validation. On s'est rendu compte [...] que c'était bien beau d'avoir des méthodes pour combiner des évaluations au niveau international mais que si à la base les résultats des évaluations n'étaient pas fiables ou surestimées ou sous-estimées pour certaines catégories de taureaux, ça allait avoir des répercussions au niveau des comparaisons internationales sur les résultats qu'on pourrait avoir dans de différentes unités. Si

vous utilisez de mauvais ingrédients pour faire la cuisine, au bout vous risquez d'avoir quelques surprises. » (entretien SM)

Un autre sujet de négociation s'est révélé extrêmement compliqué malgré son importance en apparence secondaire par rapport à tous les problèmes techniques et méthodologiques auxquels les généticiens ont fait face en deux décennies de travail. Il fallait décider du nombre et des dates des évaluations pour leur mise en place en tant que service.

« C'était surtout sur les dates de calculs. On fait des calculs 4 fois par an. Mais il y a l'hémisphère nord et l'hémisphère sud dans Interbull. Et les zones et donc les périodes de reproduction sont décalées de 6 mois. Et puis il y a les périodes de congé : nous, on ne voulait pas les faire en été, dans l'hémisphère Sud ils n'ont rien à faire de l'été, etc. Et donc pour trouver la bonne date de calcul, ce n'est pas facile. C'est là qu'on s'est le plus bagarré en gros (rires). Et là, il faut trouver des alliés, les pays qui ne sont pas trop concernés. On a toujours trouvé des compromis. Mais c'est ce qu'il a duré le plus longtemps avec des discussions, des interruptions, des discussions de couloirs, etc. Parce que les gens qui sont dans le comité, ils sont souvent sous influence de l'industrie. [...] Alors là, souvent on doit interrompre nos séances, parce que les gens veulent re-consulter leur industrie sur un compromis, quand on propose une date à laquelle ils ne s'attendaient pas, ils recontactent leurs industries pour demander si c'est possible. Les représentants de l'industrie sont des gens qui sont en charge des publications d'index, ça dépend des pays. [...] Il y avait d'un côté l'Amérique du nord, de l'autre l'Europe, bon, on s'entendait assez bien sur les mêmes dates, parce qu'on avait le même calendrier, mais de l'autre côté il y avait surtout l'Océanie qui était complètement à six mois de décalage et qui n'avait pas du tout les mêmes impératifs. Il y a eu aussi des discussions sur le nombre d'évaluations. Cela coûte plus cher d'en faire quatre que deux par an. Nous, on a habitude en France et en Europe de faire plusieurs évaluations par an, mais il y a des pays qui n'en font que deux, les pays qui sont très saisonnés, justement, la Nouvelle Zélande, l'Australie. Donc quand on dit à Interbull qu'on va en faire quatre, ils disent « mais c'est plus cher ». Mais nous, en Europe et en Amérique, on a habitude d'en faire quatre, c'est plus utile pour notre industrie. Et Interbull ne peut pas en faire deux pour l'Australie et quatre pour les autres. Donc des grandes questions : quand et combien de fois. Parce qu'en plus, à

chaque fois il faut faire des tests, envoyer des résultats de tests. C'est lourd pour les gens nationalement ». (entretien JCM)

Conclusion

Ce chapitre a présenté au lecteur une communauté épistémique de généticiens quantitatifs – acteurs qui, dans les années 1970, ont fait du problème de la globalisation de la vache ce qu’il est encore maintenant : comment résoudre la dialectique du local et du global par la technique ?

La formulation de ce problème comme celui de comparabilité des valeurs génétiques des taureaux reproducteurs des différents pays répondait à trois enjeux principaux :

- Politico-économique : protéger la souveraineté nationale contre l’hégémonie d’un acteur économique majeur (les États-Unis) ;
- Social : donner des outils de prise de décision aux éleveurs dans leur choix de la génétique correspondant au mieux à leurs besoins ;
- Biologique : préserver de la diversité génétique intra- raciale nécessaire à la survie des races globalisées.

Deux voies techniques ont été envisagées pour répondre à cette problématique : (i) celle de conversion des index nationaux sur le modèle de la conversion monétaire et (ii) celle que j’ai appelé la *commensuration* et que les généticiens qualifiaient d’une ‘vraie évaluation internationale’. La première solution jugée plus facile du point de vue politique, car ne demandant pas d’adaptations quelconques de la part des systèmes nationaux de sélection, se révèle difficilement gérable techniquement à grande échelle de par une grande complexité des calculs pour une fiabilité réduite du résultat in fine. La deuxième solution exige une certaine homogénéisation des méthodes de calculs au niveau national. Pour être commensurables, les index doivent être transparents en termes des méthodes et répondre aux critères stricts de la rigueur scientifique et technique. En revanche, les prédictions des valeurs se veulent fiables et de plus objectives car tiennent compte du paramètre crucial du point de vue scientifique : l’effet d’*interaction génotype-milieu*. D’où le qualificatif ‘vrai’ donné par les généticiens au résultat final des calculs.

Malgré tous les avantages, l’acceptation du modèle mathématique MACE en tant qu’outil de *commensuration* a nécessité moult tours de négociations notamment avec les acteurs économiques qui étaient auparavant exclus par les généticiens de la construction du problème et de la recherche des solutions au nom de l’objectivité scientifique. Si les généticiens tenaient les rênes dans ces négociations, s’ils étaient reconnus et soutenus par des organisations internationales de renom (FAO, FIL, FEZ, ICAR) et s’ils se savaient légitimes et forts face au ‘marché’, c’est qu’à cette époque (années 1970-1990), ils détenaient encore un rôle puissant

dans l'organisation des agencements bovins nationaux. C'étaient eux qui disposaient des 'centres de calcul' qui selon Latour (2006) cristallisent le pouvoir des réseaux. Les producteurs de semences qui n'avaient pas encore internalisé les moyens techniques de l'évaluation génétique, étaient donc tributaires des centres de calcul adossés aux organismes de recherche publics. Ces derniers, dans la plupart des cas, étaient également responsables de la gestion des bases de données nationales. Les dispositifs informationnels et calculatoires sont en effet nécessaires au marché pour 'pacifier' et qualifier les produits destinés à la commercialisation. Cette situation allait progressivement changer au profit d'une prise de pouvoir progressive des entreprises industrielles sur les centres de calcul, comme je le démontre dans le chapitre suivant. Mais dans les dernières décennies du XXe siècle, les généticiens pouvaient encore 'imposer' leur vision d'ordre technoscientifique sur le marché de la sélection bovine, alors en pleine globalisation. Il leur fallait donc un tel 'centre de calcul' pour asseoir leur pouvoir de régulation du marché également au niveau supranational.

Les tensions interprofessionnelles et internationales autour de l'application de la notion d'*interaction génotype-milieu* que nous avons pu noter et analyser dans ce chapitre vont persister dans la suite de l'histoire de la globalisation de la sélection bovine. Elles vont au-delà des débats sur l'objectivité des connaissances produites et sont révélatrices des conceptions différentes du monde commun à construire : d'un côté la « vieille Europe » (pour reprendre le verbatim de MG), valorisant la diversité et faisant alliance avec la science pour l'objectiver, et de l'autre l'Amérique, valorisant l'unicité propice à l'efficacité économique des échanges marchands. Un parallèle peut être fait avec l'implication de la notion du *terroir*, si chère à la Communauté Européenne et surtout à la France, dans le domaine des produits agroalimentaires (Bérard et Marchenay 1995; 2007). La valorisation des productions locales par des différentes appellations et labels passe par une mise en avant des liens entre les composantes socio-culturelle et agro-climatique des territoires géographiques de production. La notion du lieu/milieu définie par ces liens participe dans les deux cas à la préservation de la diversité des formes de production face à la globalisation uniformisatrice du marché.

Chapitre 4

Assembler, désassembler et réassembler la vache globale

Comme le rappellent Ong et Collier (2008, 11), les formes globales sont soutenues par des infrastructures techniques et des dispositifs administratifs plus que par des aléas socio-culturels. Même si, comme nous l'avons vu, les aspects culturels se manifestent à travers une compétition de logiques ancrées dans des imaginaires collectifs qui alimentent des positionnements politiques, l'établissement d'un ordre global nécessite un élément stabilisateur de nature technoscientifique considéré comme objectif. Le but de ce chapitre est de comprendre comment l'idée de *commensuration* investit une telle forme globale. Comment une telle forme se réalise dans une procédure calculatoire ? Comment les ambitions, les idées, les objectifs envisagés par les généticiens pour l'avenir de la sélection bovine se matérialisent dans des outils, des infrastructures, des procédures portés par un cercle d'acteurs plus large ? Et enfin, cette forme globale se stabilise-t-elle ? Devient-elle durable en dépassant la configuration contingente, précaire et instable d'un *assemblage* (Ong et Collier 2008) ?

Dans la première section de ce chapitre, je fais appel aux '*centres de calcul*' de Bruno Latour (2006) afin de démontrer l'importance d'une telle infrastructure établie en 1993 pour asseoir le pouvoir de la *commensuration* comme instrument de régulation des circulations marchandes des ressources génétiques au niveau global. Dans la deuxième section, le lecteur sera témoin d'une mise à l'épreuve, à la fin des années 2000, de l'ordre global à peine instauré. L'arrivée d'une nouvelle technologie d'évaluation génomique a redistribué les cartes entre les acteurs et a posé un nouveau défi de *commensuration* à l'organisation globale de la sélection bovine.

4.1. Le 'Centre de calcul'. Centraliser le pouvoir de la *commensuration*.

Bruno Latour en 1985 a commencé à conceptualiser les '*centres de calcul*' comme lieux de concentration du pouvoir des réseaux sociotechniques (Latour 2006). Ce concept qui a occupé par la suite une place importante dans ses travaux et plus largement dans les STS, ne s'applique pas uniquement à des infrastructures où on effectue des calculs proprement dits, mais à tout lieu de concentration de l'information comme des laboratoires de recherche, des bibliothèques ou des centres des impôts. « La nature des calculs importe moins que leur présence simultanée en un lieu devenu centre », insiste l'auteur. Pour le cas d'Interbull, c'est

bien de calcul dont il s'agit, mais pas seulement. Tout un réseau informationnel mondial de la sélection bovine se trouve impliqué dans le projet techno-politique de la *commensuration* des valeurs génétiques des taureaux-reproducteurs.

Une certaine conception du problème de la comparabilité des valeurs génétiques telle que décrite précédemment a été inscrite dans la modélisation via le MACE. Ce faisant, la communauté épistémique devenue Comité de pilotage d'Interbull contribuait à façonner un *centre de calcul* qui allait permettre de mettre en application les résultats d'un travail de deux décennies et entériner ainsi l'ordre imaginé de la sélection bovine globalisée. Ce sont précisément de tels centres qui, d'après Latour, concilient « la science et le capitalisme » (Latour 2006, p. 63). Même si les protagonistes porteurs de ces ambitions ne comptaient sans doute pas parmi les grands lecteurs des travaux de Bruno Latour⁷⁶, la mise en place du centre des évaluations internationales, dit Interbull Centre, en 1993 témoigne bien de la validité du concept.

4.1.1. L'emplacement du centre de calcul : un choix 'calculé'.

Le choix de l'emplacement du centre de calcul était une affaire aussi bien technique que politique. Plusieurs pays avaient les compétences nécessaires et se sont portés volontaires pour le faire. Un appel officiel à candidatures. Aux côtés des critères techniques comme l'infrastructure, l'équipement de calcul, la capacité de stockage de données, etc., il y avait un critère de nature plutôt politico-économique : le pays qui allait accueillir le centre de calcul ne devait pas peser lourd dans le commerce international de la génétique Holstein. C'est la Suède qui fut sélectionnée.

« Tous les [...] pays d'Europe, une fois qu'ils étaient holsteinisés, avaient des ambitions de vendre sur le marché et faire concurrence aux Américains et Canadiens. Alors, que la Suède, bon, ils avaient de la Holstein, mais ce n'était pas vraiment pour vendre à l'extérieur. » (entretien JCM)

“There was a competition with a number of other countries that applied for having this center. But [Sweden is] a small country that doesn't have any business together

⁷⁶ Certains étaient néanmoins familiers avec les idées de Michel Foucault sur le pouvoir contenu dans l' « ordre » des choses (Foucault 1966)

with lots of countries and [it] could be considered as neutral, I think. It was an important part of the deal.” (entretien JP)

Ces témoignages montrent de nouveau une volonté affirmée des généticiens impliqués dans le projet Interbull de tracer une ligne de démarcation entre la science et le business, entre l’objectivité et la partialité, entre l’‘intérêt général’ et les ‘intérêts privés’, le tout inscrit dans l’opposition entre les ‘cultures’ européenne et américaine.

C’était aussi l’affaire d’une communauté de chercheurs, unie par des convictions politiques et épistémiques communes, par des années de travail côte-à-côte, par des engagements professionnels et par des relations personnelles. Soudés entre eux et intégrés dans des cercles professionnels plus larges, les membres de cette communauté ont tissé un réseau de relations stratégiques dans le monde professionnel au-delà de la filière de la sélection animale et au-delà des frontières nationales. Avec le soutien de la FAO et de l’organisation syndicale des producteurs européens, le secrétaire permanent d’Interbull, Jan Philipsson, professeur à l’Université d’Agriculture à Uppsala (SLU) en Suède a convaincu le Recteur de son université ainsi que la Fédération suédoise des producteurs laitiers de s’engager sur le financement du Centre de calcul pendant cinq ans, ce qui a donné un argument supplémentaire en faveur de la candidature suédoise pour accueillir Interbull Centre. De plus, l’adresse du secrétariat d’Interbull était déjà à SLU, « tout le monde était content de ne pas devoir la changer » (entretien JCM). Jan Philipsson a joué un rôle de premier plan dans l’affaire du centre de calcul, ce qu’évoquent les protagonistes de l’époque qui le présentent comme celui qui a su fédérer les positions de tout le monde dans un consensus techno-politique :

“It was largely due to the efforts of the secretary of Interbull, at that moment, who was Professor Jan Philipsson. So all countries decided that Uppsala would host the center and the center’s mandate would be to develop a service based on all kinds all technologies that had been developed in Canada, in the Netherlands, in Australia, elsewhere. Combine all that technology into a service that would be made available to all Interbull members.” (entretien GB)

Il ne faut surtout pas oublier l’aspect symbolique des choses même dans cette affaire de calcul.

« La Suède est le pays de la classification et du classement, c'est ce qu'on lui doit : Anders Celsius et la mesure de la température, Carl Von Linné et la première nomenclature botanique, Alfred Nobel et son classement des grands hommes de la planète. Le pouvoir est là, »

écrivait Jean-Claude Flamant (2005), zootechnicien et généticien français, à son retour du congrès Interbull-FEZ qui s'est tenu à Uppsala en 2005. L'esprit de cette ville, scientifique et universitaire par une très ancienne tradition, s'inscrit aussi dans sa devise qui fait une allusion très claire à la culture de l'objectivité : *« Grande est la pensée libre – plus grande est la pensée juste »*. Symboliquement, l'outil de calcul qui visait à produire un monde « juste » en donnant la possibilité de comparer objectivement les valeurs génétiques des taureaux sur le marché international, semblait donc avoir sa place dans ce pays revendiquant les valeurs politiques de neutralité, d'universalisme et de multilatéralisme dans le paysage géopolitique mondial.

L'argument de 'neutralité' associé à l'objectivité scientifique resurgit quelques années plus tard en réitérant son importance dans la construction de l'espace commun traversé par des tensions techniques, économiques, politiques et biologiques. Le positionnement 'neutre' de la Suède sur le marché mondial de la génétique bovine a été remis en question avec deux événements liés à l'ancrage européen d'Interbull. Il s'agissait d'une part, de l'entrée de la Suède dans la Communauté Européenne en 1995 et d'autre part, du mandat de Laboratoire européen de référence que la Commission Européenne a accordé en 1996 à Interbull Centre. Ce deuxième événement s'assortissait d'une allocation des fonds européens (20 000 Euros la première année augmentée les années suivantes). A la fin de 1997, le Président de l'Association Holstein USA a adressé une lettre au Comité de Pilotage d'Interbull en étayant un argument en faveur de la création d'un second centre de calcul aux États-Unis pour symétriser la situation dominée par les Européens.

“As much as we would like to believe that international evaluations should not be political, they are. [...] As long as domestic industries are involved for various countries it is impossible to take the political part out of the discussion. From a European point of view Sweden is a neutral country and it probably was for US when Interbull first started because of its small breeding program. Since Sweden joined the European Community, this neutrality has come under severe scrutiny from the outside. Sweden does not stand for Sweden alone anymore but for the European Community as

a whole with all the European breeding programs involved.” (extrait document archives Interbull)

Relayée par les membres du Comité de pilotage d'Interbull, cette lettre a créé tout un débat au-delà du Comité et de la communauté Interbull *stricto sensu* au sujet d'un deuxième centre de calcul revendiqué par les États-Unis. Elle est arrivée au moment où il était question d'élargir la gamme de caractères évalués au niveau international aux caractères morphologiques en plus des caractères de production laitière. Interbull Centre devait augmenter ses capacités de traitement de données et recruter donc plus de personnel. Cette 'fenêtre d'opportunité' a donc été utilisée par les partenaires américains pour proposer leurs services en la matière. Après moult négociations aussi bien au sein du Comité de pilotage qu'avec des partenaires nationaux, un contrat de trois ans a été finalement signé au début de 1998 entre Interbull et l'USDA pour calculer les évaluations internationales sur les caractères de morphologie. Le contrat arrivé à son terme, toutes les opérations techniques de calcul ont été regroupées à Interbull Centre à Uppsala qui a eu le temps d'adapter ses moyens à la charge de travail envisagé.

Dans cette tension, les jeux de domination politique entre deux 'clans' – européen et américain – font apparaître les enjeux de compétition économique à travers l'appropriation du standard de race. Que le calcul de la valeur 'morphologique' de la race Holstein (= la conformité au standard) soit fait à l'endroit où le standard a été produit et par les acteurs qui le garantissent, a inévitablement une signification symbolique pour l'Association Holstein USA. Il mérite d'être revendiqué même si cette revendication passe par l'intermédiaire d'arguments 'objectifs' comme la neutralité des évaluations, l'optimisation financière de dépenses liées aux calculs, la disponibilité du personnel compétent, etc.

4.1.2. Interbull Centre au carrefour de circulations professionnelles

La première évaluation officielle a eu lieu en 1995 dans le centre fraîchement inauguré. En amont, son premier directeur a été recruté : Georgios Banos, un généticien d'origine grecque ayant travaillé dans l'équipe de Larry Schaeffer à l'Université de Guelph au Canada, qui était donc très familier de l'outil MACE. Employé par SLU, il a fait en sorte que les documents nécessaires au fonctionnement du service d'évaluation soient mis en place pour le début de l'activité de service. Il s'agissait de deux documents principaux qui définissaient la place d'Interbull Centre parmi les autres acteurs.

Le premier, les « Terms of Reference » – le document statutaire d’Interbull en tant que sous-comité d’ICAR – devait être adapté pour une nouvelle entité opérationnelle – le centre de calcul. Il inscrivait donc Interbull Centre et ses missions dans l’organisation interne d’Interbull parmi ses différentes instances techniques, scientifiques, politiques et économiques (Fig. 61).

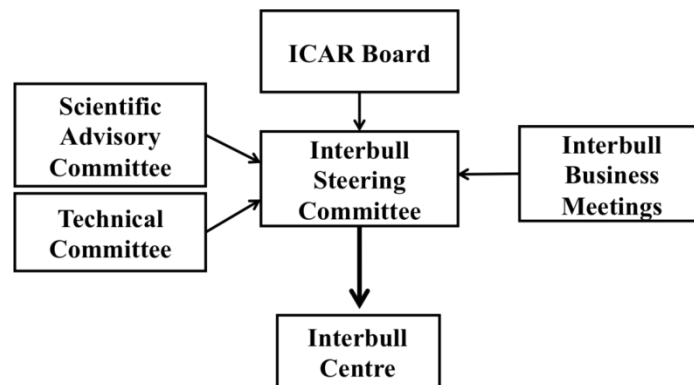


Fig. 61 L'organigramme d'Interbull. Source : (Interbull 2004)

Interbull est, comme nous l’avons vu auparavant, le sous-comité permanent d’ICAR parmi trois autres sous-comités promouvant le « standard global » pour les industries animales en termes d’identification, de mesures de performances, de contrôle laitier et d’évaluations génétiques. Interbull a un positionnement historique à part dans cette organisation, car c’est le seul sous-comité qui est officiellement mandaté pour fournir un service bien précis aux « usagers » (les membres d’ICAR et organisations associées) : celui de « comparaison internationale » de valeurs génétiques. Ce service est réalisé au nom d’Interbull par son « unité opérationnelle » - Interbull Centre. A ce propos, un accord complémentaire déléguant la réalisation du service est signé entre ICAR et SLU.

Le Comité de pilotage d’Interbull (ISC pour Interbull Steering Committee) est l’héritier direct de la communauté épistémique formée dans les années 1970 par quelques jeunes chercheurs. Il est composé de 9 membres délégués par les pays et nommés par le Comité de pilotage d’ICAR (Fig. 62).

Interbull SC Membership	Nominated by Interbull Delegates from:
Representatives for North America	North America
Representative for Oceania	Oceania
Representative for Germany, Austria, Switzerland and Luxemburg	Germany, Austria, Switzerland and Luxemburg
Representative for United Kingdom, Ireland and The Netherlands	United Kingdom, Ireland and The Netherlands
Representative for Denmark, Sweden, Norway and Finland	Denmark, Sweden, Norway and Finland
Representative for France and Wallonia	France and Wallonia
Representative for Italy, Spain and Portugal	Italy, Spain and Portugal
Representative for Central and Eastern Europe	Central and Eastern Europe
Representative for other continents	Other continents

Fig. 62 *Représentation et délégation des membres du Comité de Pilotage d'Interbull.*

Source : Terms of Reference (2018)

Depuis la création d'Interbull, le nombre de membres du Comité de Pilotage n'a pas beaucoup évolué. Pourtant le nombre de pays membres a plus que triplé pour passer de 9 à 34. C'est un point de critique qu'Interbull reçoit très régulièrement de la part des pays non- ou plutôt peu représentés. Néanmoins, l'ISC garde un nombre restreint de membres pour faciliter la décision qui se prend traditionnellement à l'unanimité ou, comme aiment à y insister les membres, par « consensus ». Ce n'est pas pour autant le lieu de consensus *a priori*. C'est une arène fermée, avec des débats stratégiques sur des questions de gouvernance internationale de la sélection bovine. Tous les représentants sont employés et délégués par leurs organismes nationaux de recherche ou d'évaluation génétique. Ils portent donc les intérêts politiques de leurs pays, les intérêts économiques de leurs producteurs et les engagements épistémiques définis aussi bien par ces éléments de contexte national que par leur mise en perspective globale. « Hommes [et femmes] pluriels » (Lahire 2014), les membres du Comité de pilotage se livrent à des débats aussi bien intérieurs (entre leur différentes représentations professionnelles) qu'entre eux. Le Président d'Interbull, au moment de l'enquête représentant aussi l'Allemagne, l'Autriche et la Suisse au Comité de pilotage, en témoigne :

“I have a role to really bring in wishes and needs of these - in my case - three countries. The other board members have the same duty. My role as a chairman is to facilitate the understanding that ok we all have our specific interests which are important, but also we have a responsibility that Interbull has a good development. So

there are decisions I support that may not be in the best interest of just only the German industry. If I want to look only from the German perspective on it, I would have a different decision. But I have a responsibility to have an overall picture. Sometimes, I have to take also decisions that for Germany are not the best. And that is quite challenging. [...] I have a German hat and an Interbull hat. And sometimes I say 'ok, now I take my Interbull hat off and put my German hat on. And another time I have my Austrian, or Swiss hat. That is my main duty, I think, to be able to separate between these things. I always remind my colleagues that they have to do the same.'

(entretien RR)

Un seul membre du Comité, représentant les États-Unis, est délégué par l'industrie de la sélection⁷⁷. Cette initiative des États-Unis date de 2006. Elle vise à équilibrer la représentation des acteurs au niveau d'Interbull en introduisant directement les acteurs économiques dans l'instance de prise de décisions stratégiques. En effet, en tant qu'utilisatrices finales de services d'évaluation internationale, les entreprises d'insémination artificielle ont été longtemps et délibérément exclues des discussions dont l'initiative revenait aux scientifiques.

“US export semen to 80-85 countries around the world. So from the US perspective, it is very important that we have representation which understands the semen market place and how that is important for exporting and importing countries. Everyone else in the Steering committee has a connection with national evaluation centers. But Interbull has an impact on the bull studs and AI [Artificial Insemination] companies. So Interbull needs somebody who can actually speak what the impact will be on AI companies who actually use information coming from Interbull. Nobody else in SC [Steering Committee] brings a perspective of AI companies. So that is important to have a representative from the industry side. Let's make a comparison. Let's say that you are trying to work with the dairy industry and the only thing you think about is how that impacts the dairy farm and you never think about how that impacts people who drink the milk or eat cheese. So if you are only working with dairy processor on dairy farm you are collecting an important part of the chain, but you are missing another huge part. So I think it's a good analogy with Interbull: if the only people who are sitting on the committee are the evaluation centers representatives, that is similar

⁷⁷ Au moment de l'enquête, le représentant venait d'ABS, la plus grande entreprise de production de semence bovine aux États-Unis

to dairy industry dealing only with dairy farmers and milk processors and never with a person who eats food. So the Interbull need is to have a prospective of the end users from AI companies because of the international trade of semen.” (entretien MF)

“It is important to pose good questions and to have right answers. And national evaluation centers don't ask the same questions as industrial stakeholders and they need different answers. And for that we need to have a balance between actors.”
(entretien JM)

Non moins « plurielle », la déléguée des États-Unis représente les intérêts de son pays à travers les intérêts économiques, nationaux et internationaux, des producteurs de la semence bovine. Ceci n'est pas tellement différent des rôles des autres membres du Comité de pilotage dont chacun est censé défendre les intérêts économiques de son industrie nationale. La différence réside dans la position de domination économique des États-Unis que les autres pays en position défensive contrebalancent avec des arguments d'ordre technoscientifique. L'équilibre des forces lors des réunions de l'ISC s'obtient en effet avec un ratio de 1 sur 8 : un représentant des États-Unis comme le principal exportateur contre huit autres membres représentant les pays plutôt importateurs mais avec des ambitions d'exportation, c'est-à-dire les pays actifs sur le marché international.

Mis à part la représentation assurée par les membres du Comité de pilotage, les échanges avec les utilisateurs des services d'Interbull s'effectuent lors des Business Meetings. C'est un espace ouvert une fois par an en marge des congrès internationaux. Toute personne, qu'elle soit représentante d'un pays, d'une entreprise, d'un organisme de recherche ou un éleveur averti, peut venir et poser des questions, exprimer ses besoins ou ses revendications par rapport aux services rendus par Interbull.

Pour affirmer le poids de l'argument technoscientifique, l'activité de l'ISC s'appuie sur deux comités spécifiques – Technique (TC) et Scientifique (SAC). Le SAC est un organe de consultation stratégique composé de quatre scientifiques de haut niveau qui représentent non pas leurs pays, mais le domaine de recherche de la génétique quantitative appliquée aux bovins. Leurs contributions sont peu formelles et les réunions sont organisées surtout à la demande du Comité de pilotage. Le rôle du TC est d'identifier les enjeux techniques importants pour la qualité de service d'Interbull. Les révisions de méthodes, de modèles de calcul, le développement de nouveaux outils sont dans ses compétences. Le Comité Technique est composé de dix représentants d'organismes nationaux d'évaluation, ce sont des

spécialistes techniques et scientifiques de haut niveau qui sont opérationnels dans les calculs d'index génétiques des taureaux dans leurs pays. Le lien avec le Comité de pilotage est assuré par le Président du Comité technique qui fait en même temps partie du Comité de pilotage. Le lien avec Interbull Centre comme unité technique opérationnelle est assuré par son Directeur des services qui siège au Comité technique.

L'Interbull Centre à Uppsala assure quant à lui tout le côté opérationnel d'Interbull : organisation du service, calcul des évaluations internationales en lien avec les centres des pays-membres pour le recueil, le contrôle et la rediffusion des données. Les généticiens (au nombre de cinq au moment de l'enquête) calculent les évaluations internationales à l'aide du modèle MACE et participent au développement des outils de calcul. Les informaticiens (au nombre de trois) assurent le support des infrastructures et des interfaces *ad hoc*.

Le Directeur d'Interbull Centre est recruté depuis quelques années sur un profil managérial (mais avec une formation scientifique liée au domaine de la sélection animale). Depuis 2008, il a remplacé le profil de scientifique généticien afin qu'Interbull se positionne pleinement en tant qu'organisme de service sur le marché global de l'amélioration génétique bovine.

“When I arrived there, they had 3 directors already, but that was still very much research effort, because the way people were treating analysis was not really service operation. So, what I was told: “we hired you to make a transition between research and service”. So my management skills [...] were more important than my academic background only.” (entretien JD)

En dehors des responsabilités liées aux calculs des évaluations internationales, l'équipe d'Interbull Centre est chargée de tous les aspects organisationnels de la vie d'Interbull qui garde son rôle du forum hybride. Les réunions du Comité de pilotage, des Comités technique et scientifique, les congrès, les colloques, les workshops et d'autres événements sous l'égide d'Interbull sont préparés par les membres de l'équipe du Centre.

Le caractère très international de l'équipe est notable. Au moment de mon séjour à Interbull Centre en 2017, elle était composée d'un allemand, d'une italienne, d'une tunisienne, d'une polonaise, d'un iranien et de quatre suédois (dont trois informaticiens). Il est de coutume également d'y accueillir régulièrement des étudiants, des thésards et des jeunes chercheurs envoyés par des laboratoires de recherche en génétique quantitative et des centres de calcul des différents pays afin que les jeunes spécialistes s'imprègnent des enjeux

internationaux du métier pour lequel ils sont formés⁷⁸. Cette internationalisation de l'équipe est une volonté affirmée de la part de l'ISC faisant référence à la globalisation de l'activité de sélection et de ses problématiques. Le monde professionnel international de l'évaluation génétique des bovins est après tout très restreint. Les spécialistes rencontrés à Interbull Centre portent en eux des connections qui se croisent souvent. Une des généticiennes du centre a été formée à l'Université de Guelph dans l'équipe du professeur Larry Schaeffer, une autre a travaillé en France à l'INRAE dans l'équipe d'évaluation génétique coordonnée par la représentante de la France au Comité de pilotage, un des anciens directeurs avait réalisé sa thèse en collaboration avec un généticien de l'INRAE membre du Comité Scientifique et a quitté Interbull Centre pour devenir directeur du centre de calcul américain (CDCB). De telles interconnections dans les circulations des spécialistes entre les instances professionnelles nationales et internationales est révélateur du phénomène de globalisation des techniques et des pratiques d'évaluation génétique. Le concept de *profession globale* développé par Marion Fourcade (2006) aide à comprendre certains mécanismes de globalisation liés notamment aux interactions entre les états et les marchés au-delà des frontières nationales. L'enquête menée au sein d'Interbull Centre ainsi que pendant des événements connexes (trois congrès et un workshop technique) m'ont permis d'assister à des débats et des confrontations entre les professionnels ayant différents intérêts à défendre ; d'observer le travail de routine pour organiser ces débats et pour appliquer les décisions prises ; de voir des acteurs circuler entre leurs différents rôles et entre les différents lieux de l'action. Au même titre que les circulations marchandes des doses de semence bovine, la dynamique professionnelle des spécialistes d'évaluation génétique participe au processus d'évolution des agencements marchands nationaux vers un assemblage global de la sélection bovine.

4.1.3. The (Big) Data hub

Actuellement, 34 pays bénéficient des évaluations internationales pour une variété plus grande de races et de caractères évalués. Six races laitières (Holstein, Jersiaise, Guernsey, Simmental-Montbéliarde, Ayrshire et Brune) peuvent y être évaluées pour quarante caractères. La base de données d'Interbull Centre contient des informations sur 28 millions d'animaux tous reliés par leur généalogie. Toutes les métadonnées pour ces animaux y

⁷⁸ « *Finalemment Interbull Centre est devenu un centre de référence, spécialisé et les gens envoient leurs chercheurs, comme moi, j'avais envoyé S. [une collaboratrice], pour voir comment ça se passe, pour bénéficier d'une formation en mathématiques différente d'un pays à l'autre. Les pays ont leurs spécialités.* » (entretien JCM)

compris leurs valeurs calculées cinq fois par an (trois fois pour les valeurs génétiques et deux fois pour les valeurs génomiques depuis 2011) représentent un volume d'environ 500 gigaoctet.

*“- Can we say that this quantity of data represents what we usually call ‘big data’?
- If you compare it to Google, it’s not that much. Google is an insane amount of data – I wouldn’t even call that big data, it is great data or whatever. But anyway, I mean 28 million animals, it is quite big. It is a huge database. And it is only for cattle, only for dairy cattle.”* (entretien CW)

En effet, imaginer que cette infrastructure et cette capacité de calcul sont dédiées seulement aux données des taureaux de quelques races laitières rend les choses impressionnantes. Que représente alors le travail lié à l'analyse de toutes ces données qui se retrouvent au même endroit en provenance de différents pays ?

Dès le début de l'existence d'Interbull Centre, le guide des bonnes pratiques (Interbull 1994) a été élaboré par le premier directeur et amélioré par la suite par les membres de l'équipe. Il est mis à disposition des « utilisateurs du service d'évaluation internationale » - les centres nationaux d'évaluation génétique - afin d'harmoniser l'envoi de leurs données. Les procédures d'adhésion aux services d'Interbull y sont également décrites en termes de respect des prérequis techniques (certifications, tests) et des formalités administratives et juridiques (contrat de service, paiement de cotisations).

Les évaluations dites 'de routine' sont produites trois fois par an (avril, août et décembre). Les généticiens d'Interbull Centre font tourner des programmes informatiques plus ou moins automatisés (« scripts ») pendant environ deux semaines pour produire les index internationaux.

Cette étape implique un travail de 'traduction' de données à plusieurs niveaux. En amont, les correspondants d'Interbull Centre au sein des Centres nationaux d'évaluation génétiques récupèrent les index génétiques de leurs pays fournis par les personnes qui calculent les évaluations génétiques nationales, et les transforment en format *ad hoc* établi selon le standard d'Interbull.

« Donc, en pratique, moi, je récupère les infos, les fichiers, je les mets en forme. Mettre en forme veut dire les recodifier comme IB le souhaite avec des formats de fichiers comme IB les a définis. » (entretien JP1)

« *Ce qu'on nous demande d'envoyer c'est très carré, très précis, si ce n'est pas dans le bon format, tu ne peux pas charger tes données, [...] s'il te manque une virgule, ton fichier est rejeté.* » (entretien SM1)

Les généticiens d'Interbull Centre récupèrent les index nationaux accompagnés des informations transmises dans les formulaires *ad hoc*, les intègrent dans le programme MACE qui effectue des opérations de calcul statistique en 'dé-régressant' les index nationaux afin d'obtenir une valeur approchée des informations 'phénotypiques'⁷⁹ sur les animaux. On y intègre également les estimations des corrélations entre les valeurs génétiques des différents pays. Cette opération est en quelque sorte une 'dé-contextualisation' ou une 'dénationalisation' des index mis dans un pool global de données. Ensuite, les généticiens d'Interbull recalculent les valeurs génétiques de tous les taureaux de ce pool global en 'unités' de chaque pays et les transmettent à leurs correspondants nationaux. Ces derniers s'occupent de relayer l'information auprès des personnes ou organisations chargées de la publication des classements nationaux à destination des professionnels du secteur (entreprises de sélection et organisations d'éleveurs). L'engagement en termes de la publication des évaluations internationales au sein des pays-membres est également inscrit dans le Code of Practices d'Interbull (1994). Ces informations doivent en effet être rendues publiques et sans condition d'avantage ou de désavantage des valeurs internationales pour les taureaux locaux. Cette règle n'est effectivement pas toujours strictement respectée par les pays-membres. Il y a ceux qui ne publient les valeurs calculées par Interbull Centre que si elles mettent en avant les taureaux des entreprises de sélection locales. D'autres conditionnent la publication à un indice de fiabilité (CD) élevé. La conséquence de cette mesure restrictive est que des taureaux de qualité peuvent être exclus du classement dans un pays donné parce que la corrélation génétique estimée entre ce pays et le pays d'origine du taureau est faible. Ces problèmes d'ordre déontologique sont généralement résolus sans conflits majeurs par des négociations entre le Comité de pilotage d'Interbull et les représentants de l'industrie nationale concernée. En revanche, il n'y a pas d'obligation pour les pays de reconstituer leur index national de synthèse (Total Merit Index (TMI), cf. paragraphe 2.1.4.) à partir des index unitaires calculés par Interbull. Ces derniers sont donc publiés en l'état et subissent la concurrence des TMI

⁷⁹ Comme je l'ai dit plus haut, Interbull Centre ne dispose pas de vrais phénotypes car cette information n'est pas partagée par les pays. En revanche, avec la méthode statistique de 'dé-régression' qu'on applique aux index nationaux, il devient possible d'obtenir les informations pouvant faire office de 'phénotypes', c'est-à-dire l'information initiale codifiée utilisée pour calculer les index nationaux.

nationaux souvent plus familiers aux éleveurs. Mais de manière générale, la publication des évaluations est un événement très attendu au sein de la profession de l'IA, car c'est à ce moment-là qu'ils regardent différentes valeurs génétiques nationales et internationales, les comparent et peuvent décider quelle semence de quels taureaux proposer à l'export d'un côté et acheter de l'autre pour l'inclure dans leurs schémas de sélection.

« Alors, ces palmarès étaient LE truc attendu par tout le monde: les éleveurs, [...] les organismes de sélection, la presse. On voyait fleurir les palmarès dans la presse. On connaissait tous par cœur les dix premiers taureaux. Dès qu'il y en avait un qui bougeait un peu, c'était annoncé partout. Il y avait une pression monstrueuse... »
(entretien SM)

La « pression » dont parle SM est liée à l'exigence des professionnels en termes de fiabilité, de précision et de complétude des informations publiées. La compétition économique internationale entre les propriétaires des taureaux reproducteurs se fondait sur ces index dorénavant commensurables et non plus sur les compétences rhétoriques des vendeurs de doses de semence.

« Sur le terrain quand il y a des incohérences, les utilisateurs, les entreprises de sélection, nous font remonter les problèmes. Par exemple, s'il manquait un taureau, ils sont très fâchés: "mais comment ça se fait qu'il manque ce taureau? On l'utilise, on le vend!", des choses comme ça. » (entretien SM1)

Ainsi, le travail de vérification de la qualité des données à chaque étape de leur échange et de leur transformation a toujours été primordial pour Interbull Centre et pour ses correspondants dans les Centres de calcul nationaux. Premièrement, l'espace virtuel des tests de validité est ouvert pour que les pays-membres puissent vérifier l'absence de biais dans leurs évaluations nationales. Ce sont des tests obligatoires pour les nouveaux pays utilisateurs du service Interbull et pour ceux qui ont apporté des modifications dans leurs méthodes d'évaluation nationale et ont ainsi besoin de vérifier l'aptitude à la 'commensurabilité' de leurs index locaux.

« C'est là où il faut qu'ils décrivent, qu'ils nous disent ce qu'ils ont fait. Et là pareil, on regarde, on compare, on voit les changements, on compare par rapport à ce qu'ils

disent et on voit si ça concorde ou pas et si on voit les choses qui ne vont pas, on leur dit. Et ça arrive souvent qu'ils découvrent des erreurs dans leurs évaluations suite à l'utilisation du test, parce que ce logiciel est mis à disposition des pays pour l'utiliser même avant d'envoyer leurs données. Comme ça, ils peuvent l'utiliser comme outil de contrôle de leurs données aussi. » (entretien HB)

Le pays qui ne passe pas le test ne peut pas participer à l'évaluation suivante. Cela signifie que ses classements ne seront pas réactualisés et les nouveaux taureaux n'y seront pas inclus, ce qui impacte plus ou moins fortement son industrie nationale ainsi que les échanges internationaux et provoque de fait des tensions entre les industriels et les centres d'évaluation.

Ensuite, à chaque évaluation de routine, il y a aussi des étapes obligatoires de vérification de la cohérence des données qui sont généralement comparées à celles des évaluations précédentes. Ces vérifications sont faites aussi bien au niveau des Centres nationaux qu'au niveau d'Interbull Centre. La chaîne de l'évaluation génétique animale repose sur un flux de données enregistrées dans chaque élevage jusqu'à l'index final. Il y a des validations à chaque étape. Si une erreur est faite au début de la chaîne et remarquée seulement à la fin, il est difficile de la corriger rapidement. Le traitement de ces erreurs se fait au cas par cas en fonction de leur impact potentiel sur l'évaluation internationale.

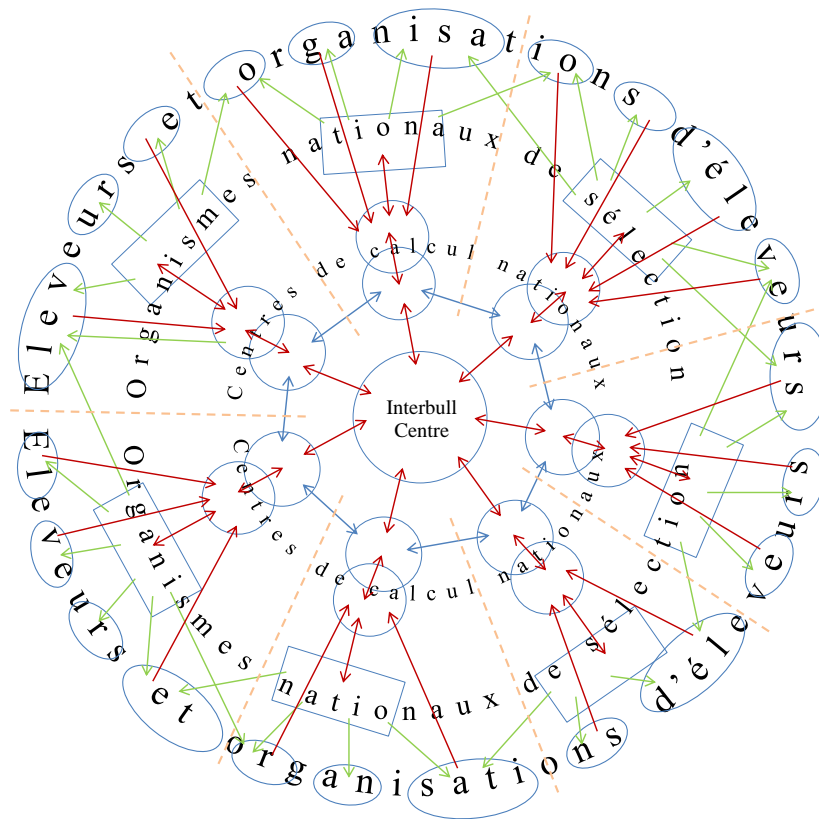
« Au moment où j'envoie les données, l'objectif est de vérifier qu'il n'y a pas de grosses variations par rapport à la fois d'avant. Une grosse variation voudrait dire que quelque chose a changé : soit c'est une erreur dans l'indexation, soit ça veut dire que l'indexeur a peut-être modifié son programme et pour Interbull c'est une modification majeure qui nécessite de repasser par ce processus de test. Cela veut dire qu'ils ne vont pas accepter mes données en routine. [...] Donc je vérifie simplement que les données restent cohérentes par rapport à ce qu'on envoyait d'habitude et qu'il n'y a pas de fortes variations où IB me dirait 'non, ça varie trop.' Ce sont des statistiques basiques, des corrélations entre les index nouveaux et ceux que j'avais envoyé la fois d'avant, normalement elles doivent être presque de '1'. » (entretien JP1)

Les correspondants nationaux d'Interbull Centre sont organisés en réseau et peuvent communiquer entre eux pour des questions de validations, d'incohérence ou de manque de données.

« Le nombre des fois où j'ai contacté untel pour savoir si c'était bien le même taureau que j'avais vu avant avec un autre numéro, sachant qu'apparemment c'était la même date de naissance. Ou alors il y a eu des cas, où le pays A disait qu'il était né en 88, le pays B disait qu'il était né en 80. Qui avait raison? J'interrogeais donc le pays B en disant: est-ce que vous pouvez vérifier sa date de naissance, parce que si je dis qu'il est né en 80, ça fait beuguer nos bases de données, parce que ce n'est pas compatible avec, par exemple, les parents ou je ne sais pas quoi, et donc c'est 88 ou 80? Après on traitait directement avec les pays concernés. » (entretien SM1)

Toute cette chaîne d'échanges et de transformation de données qui mène des éleveurs nationaux à Interbull Centre et qui fait le chemin inverse procure une place stratégique d'Interbull Centre dans le réseau international de la sélection bovine. Sur le schéma ci-dessous (Fig. 63 (1) et (2)), j'ai représenté ce réseau par les voies de circulation de données (flèches rouges) et de ressources génétiques sous forme de doses de semence (flèches vertes). La position d'Interbull Centre comme 'data-hub' en fait effectivement un 'centre de calcul' au sens latourien du terme, en tant que lieu de concentration d'information. Les échanges commerciaux s'internationalisent, les ressources génétiques produites par les industries nationales circulent entre les pays créant un espace marchand transfrontalier. La création d'une organisation supranationale chargée de définir la valeur de ce qui circule dans cet espace marchand en fait un espace *global* doté de « capacité de décontextualisation et de recontextualisation » (Ong et Collier 2008). Ce que les acteurs de la sélection bovine appellent le 'pool global' ('global pool') de ressources génétiques d'où s'effectue le 'recrutement global' des reproducteurs est devenu possible grâce à l'outil de *commesuration* incorporé dans une infrastructure technique d'Interbull Centre.

(1)



(2)

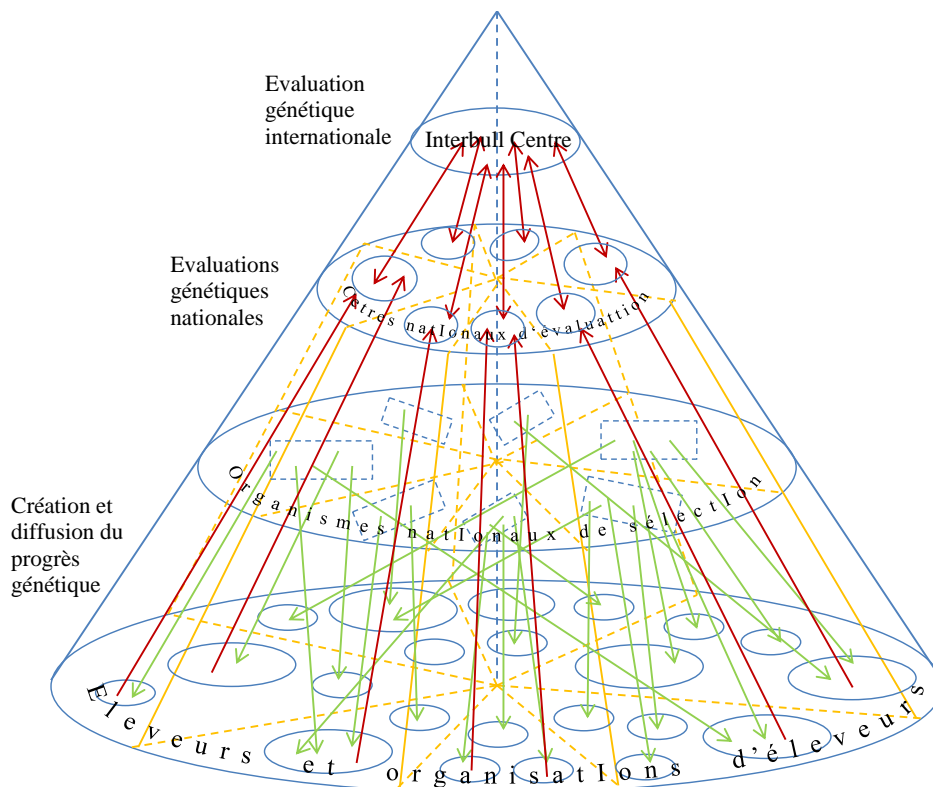


Fig. 63 Deux perspectives du schéma de l'Interbull Centre (Centre de calcul des valeurs génétiques internationales) dans le réseau international d'évaluation génétique bovine. Les lignes en pointillé de couleur orange représentent les frontières nationales, les flèches rouges – les circulations de données des évaluations entre les niveaux national et global et les flèches vertes – les circulations des ressources génétiques comme objets de ces évaluations entre les pays.

4.1.4. *Le pouvoir d'inclusion et d'exclusion*

“Global forms are limited or delimited by specific technical infrastructures, administrative apparatuses, [...] not by the vagaries of a social or cultural field.”
(Ong et Collier 2008, p. 11)

La vocation d'Interbull étant de construire un espace global pluriel dans lequel différents standards d'évaluation peuvent coexister et interagir, une infrastructure technique et un encadrement administratif ont été jugés nécessaires pour rendre cet espace fonctionnel. Interbull se dote ainsi d'un double pouvoir d'inclusion et d'exclusion. Les procédures d'adhésion mises en place exercent ce pouvoir aussi bien par des critères institutionnels que techniques qui s'entremêlent en rejoignant les causes politiques.

D'une part, les critères institutionnels autorisent l'adhésion à Interbull seulement aux organisations reconnues par une autorité publique nationale comme un Ministère de l'Agriculture. Il s'agit, selon les pays, d'organisations publiques ou privées comme des centres d'évaluation, des instituts de recherche, des organisations d'éleveurs, des organismes en charge de contrôle de performances des ruminants, etc. Ainsi, les entreprises privées non reconnues par l'État sont pour l'instant exclues de l'espace international de commensuration, même s'il y a des demandes en provenance de tels acteurs relativement nouveaux dans le paysage de la sélection bovine.

D'autre part, l'adhésion à Interbull est conditionnée par l'adhésion à ICAR, sa 'maison-mère', l'objectif étant d'encourager une démarche systémique des pays vers un certain standard de qualité dans l'organisation de leur sélection. La devise d'ICAR étant « The Global Standard for Livestock Data », ses pays membres suivent *a priori* la démarche qualitative en termes d'identification et de contrôle de performances et correspondent ainsi à un certain standard de qualité quant aux données d'entrée utilisées par les centres d'évaluation génétiques. Demandant l'adhésion au standard d'ICAR, Interbull obtient une certaine homogénéité des données en production animale ou du moins une intention affichée de ses membres d'y parvenir. Il n'exige pas de certification stricte de qualité de données jugée trop exclusive. S'organisant en deux sous-espaces - l'un pour des pays déjà 'aptes' à bénéficier du service d'évaluation internationale et l'autre, tel un 'sas d'entrée', destiné aux pays qui entament leurs démarches structurées de mise en place du système national de sélection – il assure une circulation d'informations et de bonnes pratiques au sein de son réseau.

« Dans l'esprit d'Interbull on essaie de drainer le maximum de pays, et il y a des pays qui n'ont pas les capacités de passer toutes les étapes de certifications. Et puis pour des petits pays, ou des pays en voie de développement c'est un moyen de bénéficier des informations pour se mettre au niveau. Donc on ne peut pas mettre la certification d'ICAR en condition. Sinon, ce serait un club de gros pays. Ce n'est pas l'objectif. Le but c'est d'harmoniser le maximum de choses. Il y a des pays qui sont adhérents à Interbull et qui ne participent pas aux évaluations internationales. Le but toujours est de les intégrer dans ce réseau, de créer des liens entre les pays. » (entretien SM)

Le passage d'un pays donné du 'sas d'entrée' dans 'la cour des grands' est en revanche conditionné par la réussite aux tests techniques qui valident la qualité et l'aptitude à la commensurabilité des données fournies. Le schéma d'adhésion à Interbull affiché dans le Code of Practices (Interbull 1994) se présente de manière suivante (Fig. 64) :

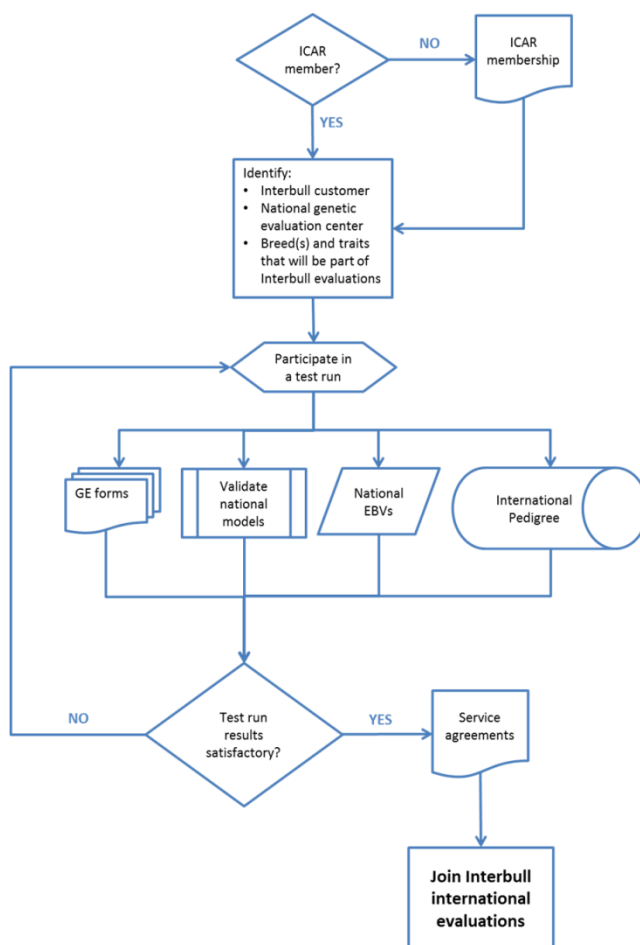


Fig. 64 Schéma d'adhésion à Interbull. Source : Interbull Code of Practices (2004) - Steps for an organization willing to join the Interbull services.

Une fois que le pays est passé par l'épreuve des tests et l'a réussi, l'étape finale consiste à signer le contrat de service avec Interbull et à payer une cotisation dont le montant est fixé par un calcul sophistiqué prenant en compte une partie fixe destinée à financer le service fourni par Interbull Centre et une partie variable dépendant de la taille de la population en contrôle laitier du pays (Fig. 65) :

Production evaluation fee (€)		
Basic fee	4 000.00	
Variable fee, per 1 000 recorded cows	≤ 100	49.00
	101 to 300	18.70
	301 to 1 000	7.00
	1 001 to 2 400	4.70
	> 2 400	0.25

Example: a country with 1 815 000 recorded cows will pay €4 000 + (100 × €49) + (200 × €18.70) + (700 × €7) + (815 × €4.70) = €21 371.

Fig. 65 Formule de calculs des cotisations à Interbull. Source : Interbull Code of Practices (Interbull 1994)

D'après les témoignages des acteurs, les cotisations ne sont pas contraignantes même pour les plus petits producteurs, car la formule de calcul a été justement conçue en fonction de la taille du cheptel de manière à ne pas créer d'obstacle financier à l'adhésion à Interbull.

Avec un affichage inclusif de l'espace où la pluralité des standards et des valeurs est préservée, Interbull touche à une problématique complexe de la relation dichotomique entre la standardisation et la diversité qui se fait d'autant plus ressentir avec la globalisation et qui fait objet d'un nombre croissant d'analyses sociologiques (Higgins et Hallström 2007; Higgins et Larner 2010; A. Loconto et Fouilleux 2014; A. M. Loconto et Demortain 2017; Chavinskaia et Loconto 2020). Le pouvoir inclusif et exclusif de tout processus de standardisation (Busch 2013) met effectivement des limites à l'ambition de servir 'l'intérêt général' dont se prévalent les acteurs d'Interbull. Leur volonté de réguler le marché global des ressources génétiques revient à fusionner l'espace technique de commensuration et l'espace marchand et donc à réserver l'accès au marché global aux pays techniquement et institutionnellement conformes à une certaine idée du monde 'juste'. Il se révèle néanmoins extrêmement compliqué, voire impossible, de coordonner une diversité croissante d'agencements bovins propres aux différents pays surtout compte tenu de la dynamique d'innovation technologique inégalement répartie dans le monde. Ainsi, une régulation à peine établie par Interbull et mise sous l'égide du 'centre de calcul' se voit rapidement déstabilisée par de nouveaux éléments techniques dont l'intégration politique dans l'ensemble s'est révélée plus compliquée qu'elle ne l'a été pensée par les acteurs.

4.2. Un ré-assemblage global de la sélection bovine avec l'évaluation génomique

Plusieurs études ont été menées sur les conséquences de la génomique pour l'organisation de la sélection dans certains pays (Labatut et al. 2014; Tesnière et al. 2019). Elles ont montré le caractère systémique des changements induits par ce nouveau paradigme technologique. La 'révolution' génomique se présente ainsi non seulement du point de vue technologique mais tout autant du point de vue organisationnelle. Comment alors cette 'révolution' impacte-t-elle l'évaluation globale ? Comment le changement de méthodes d'évaluation redistribue-t-il les cartes du pouvoir entre les acteurs impliqués dans l'espace international d'équivalence organisé par et autour d'Interbull ? Comment ces acteurs utilisent-ils ces cartes pour repenser cet espace ?

Dans cette section, j'analyse la situation d'Interbull avec la mise en place de l'évaluation génomique dans quelques pays membres, ainsi que la tentative de sauver sa position centrale dans l'organisation mondiale de l'évaluation génomique par une mise en place d'un nouvel outil calculatoire. Ensuite, je parlerai de nouvelles formes d'organisation entre les pays dits 'génomiques' et qui de ce fait ont récupéré le pouvoir technologique, économique et politique dans l'espace globalisé de la sélection bovine. Le dernier paragraphe mettra en lumière un déplacement important des priorités dans la logique européenne suite à cette réorganisation : le projet d'une évaluation européenne unifiée qui ignorerait la diversité des valeurs génétiques entre les pays. Le lecteur comprendra alors le caractère systémique d'un changement technologique dont l'impact sur l'assemblage global de la sélection bovine n'a pas été anticipé par les acteurs.

4.2.1. *L'avenir d'Interbull en question*

La sélection génomique des bovins a été promue et mise en place par les mêmes acteurs – les généticiens quantitatifs – qui ont œuvré à l'établissement de l'ordre technoscientifique de la sélection génétique au niveau global. Ce sont eux qui ont développé des méthodes d'évaluation génomique et ont convaincu les acteurs des filières bovines nationales de la pertinence du déploiement de ces méthodes au niveau industriel au nom de l'efficacité économique de la sélection (cf. paragraphe 2.2. du chapitre précédent). Et ce sont ces mêmes acteurs qui disent avoir été dépassés par les événements, tant les changements générés ont été importants et rapides.

L'avenir d'Interbull s'est vu compromis. Des protagonistes de ce tournant dans la vie de l'organisation en témoignent :

“It was a big question. I remember at the beginning of June 2008, we were at Niagara Falls [for the Interbull Meeting] and at that time, Americans had a large number of animals genotyped and they were saying 'oh, with this genomic data and genomic evaluations we don't need to participate in international evaluation'. And the European countries were saying 'what happens if they succeed?' Then, you could imagine that corridor with all these people from European countries all the time moving between smaller groups discussing, discussing, discussing...” (entretien HJ)

“The main question was: do we still need Interbull or is genomics the end of Interbull? (entretien JD)

En 2009, Interbull a organisé une réunion ‘de crise’. Le workshop qui a eu lieu à Uppsala avait pour objectifs de « repenser le cadre scientifique d’utilisation des données génomiques dans l’évaluation génétique nationale et internationale, ainsi que de promouvoir l’idée et les avantages de la collaboration internationale sous l’égide d’Interbull. » (Dürr 2009, p. 1) Il a été ouvert seulement à un nombre limité de représentants des pays-membres d’Interbull et de ses comités (101 personnes de 26 pays).

Pourquoi une telle remise en question d’un ordre en apparence bien établi ? Du point de vue technique, l’information génomique fournie à l’évaluation du potentiel génétique de l’animal remplace avec succès l’information généalogique constituée depuis le début de l’industrialisation de la sélection à grande échelle dans des livres généalogiques et des bases de données informatisées. Dorénavant, il est possible d’établir le lien généalogique entre les animaux à partir de leur ADN. « C’est déjà énorme comme progrès » - reconnaît un des généticiens interviewés. Mais est-ce suffisant pour remettre en cause toute l’organisation internationale ? Le rôle d’Interbull n’était pas limité au simple établissement de liens généalogiques entre les animaux. La disponibilité des données génomiques ne suffit donc pas à expliquer qu’on puisse s’en passer. Mais ce nouveau paradigme technologique apporte une promesse très importante qui expliquerait (du moins en partie) tout le bouleversement du dispositif de commensuration: une fois qu’on dispose du génotype de l’animal, on connaît sa valeur et il n’est donc plus nécessaire de phénotyper ses descendants (cf. paragraphe 2.2. du précédent chapitre). « Avec le génotype de l’animal, nous pouvons prédire sa valeur génétique pour n’importe quel pays indépendamment de son pays de naissance, » - a annoncé Mike Goddard, un des pères de la sélection génomique au workshop d’Interbull en 2009 (Dürr

2009). Malgré les efforts ultérieurs déployés par les scientifiques pour démentir cette proposition et pour insister sur l'importance du phénotype dans l'évaluation génomique⁸⁰, c'est cette promesse qui a été retenue par les industriels ravis d'une telle 'décontextualisation' de la valeur de leurs produits, permettant de les vendre partout sans contraintes.

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 2 (paragraphe 2.2.3.), les industriels de la semence, ayant massivement investi dans le génotypage, ont acquis un droit de propriété sur ces informations. Ils ont ainsi récupéré le pouvoir des centres de calcul en internalisant leurs compétences d'évaluation génétique. La partie informationnelle séparée de la partie biologique de la ressource génétique est devenue privatisable (Labatut 2009; Allaire, Labatut, et Tesnière 2018). Les ajustements organisationnels effectués au sein des systèmes nationaux des pays 'génomiques' ont doté les mêmes acteurs des compétences de sélection et d'évaluation, fonctions auparavant réparties entre d'un côté les différents types de producteurs et distributeurs du progrès génétique (sélection, production de semence, service d'insémination artificielle) et de l'autre côté les centres nationaux de calcul (évaluation). Ce changement est survenu très tôt dans le système de sélection américain et a été suivi progressivement par d'autres pays, notamment ceux de l'Union Européenne qui l'a entériné dans son nouveau Règlement Zootechnique (RZE) entré en vigueur en novembre 2018. Le paradoxe produit par cette réforme organisationnelle est qu'une fois réunies formellement aux mêmes endroits chez les mêmes acteurs, les deux parties de la ressource – informationnelle et biologique – se retrouvent plus que jamais éloignées l'une de l'autre. D'une part, leurs statuts sont fondamentalement différents (respectivement bien privé et bien commun). D'autre part, calculée à partir d'un extrait d'ADN, la valeur génétique a de moins en moins de lien avec les informations phénotypiques des animaux réels, en chair et en os, intégrés dans des différents systèmes de production des différents pays. Elle est de moins en moins contextualisée. Les circulations des ressources informationnelles semblent dorénavant se déconnecter des circulations des ressources biologiques. Même si pour l'instant Interbull continue à jouer son rôle de centralisation des informations phénotypiques (statistiquement reconstituées) sur lesquelles se constituent les populations de références, et sur lesquelles sont fondées les évaluations génomiques au niveau national, le lien entre l'animal réel intégré dans son milieu et sa valeur génétique est de plus en plus abandonné. Les 'qualculs' perdraient en fiabilité et donc en confiance des utilisateurs/éleveurs. Souvenons-nous de la mise en garde des généticiens sur la baisse de qualité des évaluations qui impacterait le marché global des

⁸⁰ « Dans la sélection génomique, le phénotype est roi » - peut-on souvent entendre en écoutant les présentations des généticiens lors des congrès et des rencontres professionnelles de la sélection bovine.

ressources génétiques en l'absence prolongée du testage sur descendance et de l'échange de ces informations phénotypiques au niveau international (Patry 2011).

Les conclusions du workshop de crise en 2009 étaient rassurantes pour Interbull :

“Interbull as a facilitator of global breeding programs is more needed than ever!”
(Dürr 2009, p. 6)

Le rôle et les actions d'Interbull devaient être certes reconsidérés au regard du nouveau type de données et de nouvelles méthodes d'évaluation génomique, mais les participants du workshop ont été unanimes sur le besoin de poursuivre les échanges et le partage des informations génétiques entre les pays pour un fonctionnement plus durable du marché globalisé des ressources génétiques. La continuité des évaluations génétiques au niveau international avec le MACE a été jugée cruciale compte tenu des préconisations apportées par les recherches de Clotilde Patry sur l'importance du biais créé par l'utilisation des seules évaluations génomiques. Ce besoin a été également réitéré par les pays 'non-génomiques' pour qui les évaluations génétiques restent la principale référence marchande. La mise en place d'un modèle équivalent du modèle MACE pour la comparaison des valeurs génomiques (GEBVs) – GMACE – a été également actée lors de ce workshop. Dans le document de synthèse rédigé par le directeur d'Interbull Centre, de nombreuses raisons ont été invoquées pour justifier l'existence d'Interbull comme espace d'équivalence internationale entre les différents standards de sélection (Dürr 2009). Néanmoins, l'apparition d'une strate supplémentaire d'organisations internationales dans le domaine de la sélection bovine sous la forme de divers consortia avec l'arrivée de la génomique a clairement dilué le pouvoir détenu auparavant par Interbull. Le curseur des priorités dans l'organisation globale de la sélection s'est déplacé de la logique scientifique vers la logique marchande.

C'est d'autant plus vrai que la génomique a introduit une séparation nette entre les pays grands producteurs de la génétique Holstein qui ont investi dans des technologies d'évaluation 'modernes' et les pays principalement importateurs (les 'petits pays') qui ne possèdent pas les moyens d'un tel investissement. Les deux 'clans' font toujours partie d'Interbull, mais les premiers se sont affirmés d'autant plus comme producteurs et exportateurs de la génétique et les derniers ont entériné leur position d'importateurs dépendant des premiers. « Le fossé se creuse » - peut-on entendre souvent dans les discours des généticiens inquiets du sort des 'petits pays' dont on parlera dans le chapitre suivant. Sachant que ce sont les premiers qui gardent la majorité des sièges au Comité de pilotage, on n'est pas loin du « club des grands

pays » (entretien SM) dont la philosophie et le fonctionnement s'éloignent de la raison d'être qu'affiche traditionnellement Interbull.

4.2.2. Le GMACE comme nouvel outil de commensuration internationale des valeurs génomiques et son 'échec'

“The question about commensurability⁸¹ came up right away: “how do we compare the genomic results from all of these different countries?” (entretien PS)

Dans les faits, le problème de commensurabilité sur le marché international de la génétique bovine s'est dédoublé : (i) les valeurs génomiques des différents pays ne sont pas comparables entre elles et (ii) les valeurs génétiques (EBVs) ne sont pas comparables aux valeurs génomiques (GEBVs). Seuls les EBVs sont comparables grâce au MACE, mais c'est la génomique qui règne dorénavant sur le marché. Après la réflexion sur l'avenir d'Interbull engagée lors du workshop technique de 2009, deux généticiens de renom, un Américain et un Canadien, ont décidé de se pencher sur la question de l'outil permettant de répondre à cette double problématique de comparaison des valeurs des taureaux commercialisés. Comme aux débuts d'Interbull, la même contrainte est apparue : l'indisponibilité des informations nécessaires à la mise en place d'outils *ad hoc*. Les industriels devenus propriétaires des données génotypiques des animaux ne voulaient pas les partager, du moins pas avec n'importe qui. De nouveau, il fallait trouver une solution technique à ce problème de nature politico-économique de partage d'une information considérée comme stratégique. L'information facilement accessible était celle des index génomiques calculés par les pays. Il fallait donc construire un outil de commensuration sans avoir accès aux données de base. Cette tâche s'est révélée plus complexe que les généticiens ne le croyaient au début. Ils espéraient utiliser le même principe que dans MACE et reconstituer les informations avec une méthode statistique de dé-régression (cf. paragraphe 3.2.2.). Mais un problème est apparu avec les index génomiques par rapport aux index génétiques : les premiers sont calculés en utilisant l'information fournie par le MACE et, puisqu'ils utilisent les mêmes données, cette seconde couche de commensuration créait des doublons d'information. Les deux généticiens

⁸¹ Les mots « commensuration » or « commensurability » n'étaient pas présents dans le vocabulaire des personnes faisant partie de la communauté d'évaluation internationale. Ma communication en février 2017 lors d'un workshop international organisé par Interbull a suscité des débats concernant ce concept : à quoi ce nouveau mot incompréhensible et imprononçable peut servir ? Les gens n'arrivaient pas en effet à le prononcer correctement. Quelle n'a pas été ma surprise lorsque quelques mois plus tard (en octobre 2017) quand l'une de ces mêmes personnes a aisément inclu ce mot dans son propos sur la mise en place du modèle GMACE.

travaillant sur le modèle ont fini par trouver une solution mathématique à ce problème et le modèle GMACE a vu le jour comme version génomique du modèle MACE. Mais, parce qu’il n’opère pas sur les données brutes, la précision de l’évaluation GMACE est bien moindre que celle de MACE et surtout que celle des évaluations génomiques effectuées au niveau national avec des données phénotypiques locales.

“GMACE had so many approximations. Already at the national level we have assumptions that we make in our national models. Then we have assumptions of MACE [...]. And then you go to the national genomic evaluation where you also have assumptions. You use MACE as an input for genomic evaluation at the national level. Then you share genomic values in GMACE and you have to have even more assumptions. It's like a massaging of data in several stages.” (entretien JD)

Ce tripatouillage (‘massaging’) de données qu’évoque cet ancien directeur d’Interbull Centre est visuellement exprimé par l’un des créateurs du GMACE en personne (Fig. 66), qui m’a d’ailleurs confié en aparté que ce schéma, qu’il avait intégré dans sa présentation lors d’un workshop international, lui a valu des reproches de la part de son institution de rattachement et du Comité de pilotage d’Interbull. On lui aurait demandé de ne pas remettre ce visuel montrant une extrême complexité de la circulation des données utilisées dans les évaluations génomiques.

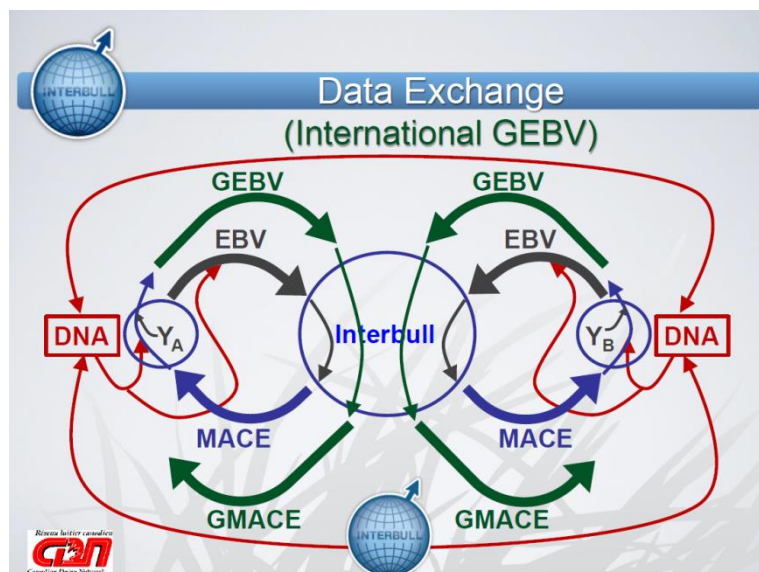


Fig. 66 Une complexité de circuits de données d’évaluation génomique au niveau international. Source : présentation de PS lors d’un workshop technique organisé par Interbull en février 2017.

La complexité et le manque de précision de l'évaluation génomique internationale étaient en en même temps la cause et la conséquence techniques de son 'échec' et donc de l''échec' d'Interbull comme espace de commensuration génomique (du moins pour la race Holstein). Le fait que les pays 'génomiques' holsteinisés n'aient pas souhaité partager les génotypes en amont pour une évaluation commune du type MACE et le fait que, en aval, les pays aient préféré effectuer les évaluations génomiques au niveau national pour avoir une meilleure précision des index, relèvent de l'affirmation de plus en plus forte de la logique marchande dans le monde globalisé de la sélection Holstein. Le pays leader sur le marché de la Holstein – les États-Unis – a pris dès le début la position de ne pas participer aux évaluations GMACE. Cela revenait à ne pas partager les index génomiques nationaux et ne pas publier les évaluations internationales sur son territoire. Le généticien américain ayant travaillé sur la mise en place du GMACE a même été exclu du projet et appelé par l'USDA à d'autres tâches scientifiques jugées comme plus pertinentes pour l'industrie de la sélection américaine. Les index génomiques nationaux dont le GTPI (version génomique du TPITM américain) en tête concurrencent sans aucune équivoque l'évaluation génomique internationale GMACE calculée par Interbull Centre. Même du point de vue des méthodes statistiques, les gens ont du mal à croire en la fiabilité de cette dernière, puisqu'il lui manque une masse considérable de données du fait de la non-participation des États-Unis au dispositif commun. Même si le modèle GMACE a donné vie à l'idée d'une commensuration répondant à la double problématique de comparabilité des index génomiques et génétiques, son 'échec' politique précédait son existence.

4.2.3. Consortia génomiques : stratégies de 'coopétition choisie' vs 'coopétition d'opportunité'.

Comme nous l'avons vu dans le chapitre 2, convaincus pas les généticiens de la pertinence technique et économique de la sélection génomique, les industriels de la production de semence ont massivement investi dans le génotypage des taureaux en devenant ainsi propriétaires des données génomiques et de ce fait décideurs de la stratégie de déploiement des programmes de sélection. Néanmoins, pour que la sélection génomique soit opérationnelle au niveau national, la taille des populations de référence nécessaire à l'application la plus efficace des méthodes statistiques d'évaluation génomique devait largement dépasser les frontières des pays. Cette contrainte liée à la fiabilité des futures évaluations a obligé les industriels à adopter différentes stratégies de coopétition pour réunir les données génotypiques

de leurs populations respectives. Différents consortia 'génomiques' internationaux ont ainsi vu le jour, témoignant d'actions collectives autour des communs qu'Elinor Ostrom (1990) aurait pu donner en exemple dans ses travaux sur les méthodes de gestion des biens communs.

Pour la race Holstein qui, en tant que race la plus importante en termes d'effectif au niveau mondial, a été la première à accueillir l'innovation génomique, cette nouvelle organisation collective internationale a fortement impacté celle qu'avait instaurée Interbull, jusqu'à la remettre complètement en question, comme nous l'avons vu précédemment. La domination des États-Unis sur le marché international de la Holstein s'est davantage renforcée avec son leadership dans la mise en place de la sélection génomique. L'ancienne rivalité entre les États-Unis et l'Europe, masquée et contenue par Interbull pendant deux bonnes décennies, s'est réactivée.

En s'associant avec le Canada, les États-Unis ont été les premiers à prendre l'initiative de réunir les génotypes des deux pays pour obtenir une meilleure qualité de prédiction. Ainsi le Consortium Nord-Américain (CNA) est né en 2008 et a constitué une population de référence d'environ 16 000 taureaux génotypés.

Juste après, les pays européens ont suivi en créant le consortium Eurogenomics. En France, en Allemagne, aux Pays-Bas et dans les pays nordiques (Danemark, Finlande et Suède), les industriels ont convenu de partager également les génotypes de leurs populations de référence respectives, égalant ainsi et même dépassant la taille de celle du CNA.

Les fonctionnements respectifs de ces deux consortia concurrents se rejoignent dans la volonté de partager les informations avec des partenaires politiquement et économiquement choisis dans une stratégie que j'appellerai de '*coopétition choisie*'. La concurrence y est le premier facteur influençant le choix des 'coopétiteurs', qui partagent un certain nombre d'informations comme le strict minimum nécessaire à la poursuite de la compétition économique. Ainsi, les génotypes sont partagés pour arriver à construire la valeur du produit au niveau national et le mettre sur le marché international où il rentre dans les mécanismes de la concurrence libre. Chaque pays membre de chacun des deux consortia calcule les valeurs génomiques de ses animaux indépendamment des autres, mais en utilisant le pool de données mis en commun d'un côté au sein d'Interbull (évaluations génétiques fournissant l'information phénotypique reconstituée) et au sein des consortia (génotypes). Eurogenomics va même plus loin dans le partage compétitif des données : il sépare les données que tous les membres ont le droit d'utiliser et celles qui restent 'privées', c'est-à-dire appartenant à chaque pays et cachées aux autres. Ce partage s'effectue au niveau de la puce génomique qui contient une partie dédiée à des marqueurs SNP spécifiques à chaque pays.

« C'est là où c'est très intéressant, le modèle Eurogenomics, parce qu'il y a une partie commune où les gens partagent, donc coopèrent quand même, ils collaborent sur environ 10000 SNPs et puis il reste quand même 2-3-5 000 SNPs qui sont privés à chacun et que chacun peut utiliser pour concurrencer l'autre sur certains aspects. »
(entretien AE)

Par la suite, les deux consortia se sont élargis. Eurogenomics a inclus d'autres pays européens comme l'Espagne et la Pologne. Le CNA a également reçu de nouveaux membres en dehors du continent nord-américain comme le Royaume-Uni, l'Italie, le Japon. Ce dernier point est souvent considéré par les Européens comme une nouvelle 'offensive' économique des États-Unis sur d'autres continents, surtout lorsqu'il s'agit de l'Italie située en plein cœur de l'Europe. Même si la raison première de ces alliances était plutôt d'ordre technique – augmenter le nombre de données⁸² disponibles pour une évaluation génomique plus fiable – leurs configurations témoignent évidemment d'autres raisons d'existence, hautement politiques cette fois. Le nombre de données est un facteur important certes, mais il a ses limites⁸³. Ce n'est pas le nombre de données détenues qui compte pour asseoir pleinement la puissance d'un acteur, mais son savoir-faire dans leur utilisation, pour construire une stratégie de relations et d'actions qui permet d'acquérir une position dominante. Comme en témoigne notamment le représentant de l'Italie au Comité de pilotage d'Interbull, son pays avait en effet plus de raisons de rejoindre le consortium américain plutôt que le consortium européen compte tenu des conditions historiques du développement de l'élevage activement soutenu par les États-Unis après la II^e Guerre Mondiale.

“The dominance of the US on the market is not due to the number of cows they have. If you count a number of cows, there are much more Holstein cows in Europe than in the US. But when you go back to the history, to the WWII and times after, all Europe was destroyed and the Americans brought up a lot of things: the Marshall Plan and cows. And cows made a huge difference in the production. So I mean that some countries in Europe received more help and more influence from US than others. For example, in Italy it was stronger than in Germany. And it is not just a chance that Italy joined the

⁸² Lorsqu'on parle des données, on parle des informations génétiques des taureaux étrangers avec une évaluation fournie par Interbull.

⁸³ Souvenons-nous, par exemple, de l'étude de Paul VanRaden (2009) sur la limite de précision des prédictions génomiques (cf. paragraphe 2.2.3. du chapitre précédent).

North-American consortium and not the European. I mean, in Italy the Marshall Plan was very strong. Because the political interest of the US was to keep Italy on their side and not on the other side. So they put a lot of money, they built up links and, you know, reference point, dominance, the reference of animals is the American one in Italy. Still for many breeders the reference point in genetics is North-America and not Germany and not Holland which are closer and which have a very interesting breed plan. But still they look at North-America as the main source of genetics.” (entretien ES)

Compte tenu du fait que les ‘grands pays’ producteurs de la génétique Holstein se sont réunis d’une part en deux consortia concurrents et d’autre part en ‘clubs’ des pays ‘génomiques’ au niveau d’Interbull, les ‘petits pays’, bien que membres d’Interbull, se sont retrouvés à l’écart de la dynamique internationale organisée dorénavant autour de la génomique. Les deux grands consortia ne souhaitent pas intégrer ces ‘petits pays’ car ils estiment que les contributions au ‘pot commun’ de génotypes doivent être à la hauteur des bénéfices que les pays-membres peuvent en retirer. Or, les bénéfices de la génomique en termes des gains économiques pour les systèmes de sélection des ‘petits pays’ peuvent largement dépasser leurs capacités de contribution par l’adjonction de leurs génotypes à la population de référence commune. Certains ‘petits pays’ privés ainsi de la possibilité de mettre en place leur propre sélection génomique faute des effectifs nécessaires à la constitution de la population de référence, ne souhaitent pas pour autant rester dépendants des importations de la génétique provenant des ‘grands pays’. En 2016, la Slovénie (membre d’Interbull, mais ‘petit pays’) a lancé une initiative pour réunir d’autres pays ‘non-génomiques’ autour du projet d’un nouveau consortium. Ce projet est porté par la représentante de la zone des pays d’Europe de l’Est au Comité de pilotage d’Interbull. Au moment de l’enquête, le projet en était à ses débuts : des réunions annuelles adossées à des événements internationaux sous l’égide d’Interbull, des discussions informelles dans des couloirs lors de ces mêmes événements (Fig. 67), un soutien des uns et des critiques des autres.



Fig. 67 Les représentants d'Interbull, HJ et MK, tentent de convaincre la délégation sud-coréenne de rejoindre le consortium Intergenomics Holstein. Photo prise lors du workshop organisé par Interbull en 2018

Le modèle de ce consortium était pensé différemment par rapport aux deux consortia déjà existant avec la race Holstein. Appelé Intergenomics Holstein, il reprenait le modèle du consortium Intergenomics monté en 2009 par les producteurs investis dans la race Brune et construisait une stratégie que j'appellerai de '*coopétition d'opportunité*'. Les besoins de collaboration y semblent primer sur la concurrence économique et tout participant est de fait le bienvenu pour contribuer à 'l'intérêt général' que les acteurs portent à un bien commun.

Intergenomics (Brune) est souvent cité par des acteurs d'Interbull comme modèle 'idéal' de la 'coopétition' internationale. Les professionnels de la sélection (scientifiques, universitaires, évaluateurs nationaux, producteurs de semence) investis dans la race Brune se sont auto-organisés (d'abord au niveau européen, puis en intégrant les États-Unis et le Canada) en mettant en place des modalités institutionnelles de gestion des ressources génétiques de la race dans 'l'intérêt général' au niveau international. C'est Interbull qui a servi de cadre institutionnel et technique à ce projet en mettant en place le service d'évaluation génomique internationale et en devenant un lieu de dépôt des données en provenance des différents pays. Le coordinateur d'Intergenomics qui est aussi le représentant de l'Italie, de l'Espagne et du Portugal dans le Comité de pilotage d'Interbull croit beaucoup en une stratégie de partage d'information pour une gestion efficace des biens communs que sont les races. Pour lui, la différence entre les modèles des consortia de la Holstein et de la Brune réside dans les poids respectifs que les acteurs donnent (ou sont obligés de donner compte tenu des différences de configuration des réseaux construits historiquement) à la coopération et à la compétition. Il explique la démarche d'Intergenomics :

“The idea is that the breed [la Brune] is too small nationally and the only way to compete at international level is to put forces together. So cooperation was much more important than competition. We were competitors on the market, but we were acknowledging that the cooperation in this case was more important. So, basically we started out to cooperate with our competitors on a commercial base. And the first idea was to ask Interbull to do the job. Not one of us. I could propose: 'ok, Italy could do the work'. Or Germany, or Switzerland. But I know that it couldn't be possible because at that time there was not enough trust and sending genotypes to Germany or to US was absolutely impossible. So the only way at that time was to integrate data management within Interbull as a neutral organization. To say 'ok, let's send genotypes to Interbull and nobody except Interbull have access to genotypes. So it's basically like sending money in the bank. You are not sharing your money; you are keeping your money even if they are not under your bed, but in the bank.” (entretien ES)

La race Brune est la deuxième race bovine dans le monde (après la Holstein) avec environ 14 millions de têtes dont 8 millions sont officiellement enregistrées auprès des différentes associations de race. Ce qui la distingue de la race Holstein c'est qu'il n'y a pas vraiment eu un leader sur le marché mondial (comme les États-Unis pour la Holstein). Même si les populations de la Brune ne sont pas toutes de la même taille et même si la sélection est aussi passée par la spécialisation laitière aux États-Unis, modifiant ainsi le standard initial de la race originaire des Alpes suisses, il n'y a pas de domination prononcée d'une population particulière sur les autres. Les voies d'organisation entre les acteurs pour faire face à la globalisation du marché des ressources génétiques sont donc différentes. Le consortium Intergenomics suit la voie tracée par Interbull en intégrant les changements liés à la génomique dans les modalités d'évaluation internationale. Le partage des génotypes par les pays membres d'Intergenomics (qui sont en même temps membres d'Interbull) permet de calculer les valeurs génomiques commensurées sur la base des évaluations génétiques également commensurées avec MACE.⁸⁴

⁸⁴ Mon enquête dans sa globalité n'a pas porté sur la race Brune spécifiquement. Je me contente donc d'en présenter quelques éléments en contrepoint de l'organisation mondiale autour de la race Holstein. Il y a certainement des parties immergées de l'iceberg à étudier concernant Intergenomics comme un modèle idéal-typique de la gestion globale des ressources génétiques bovines. Il est clair que les négociations qui ont permis d'aboutir au fonctionnement d'Intergenomics tel que présenté par son coordinateur ont été longues et mouvementées. Cela a pris cinq ans avant que les acteurs n'acceptent de partager les génotypes des animaux (et surtout des jeunes taureaux) considérés comme des informations hautement confidentielles par les organisations

Le consortium des ‘petits pays’ de la Holstein – Intergenomics Holstein – essaie de suivre le même modèle. Va-t-il y arriver ? Au moment de l’enquête, les négociations en cours démontraient d’ores et déjà l’émergence d’un nouveau leader parmi les ‘petits’ - l’Irlande - qui en terme de taille de population et donc de nombre de données en sa possession commençait à dicter ses règles de jeu. La race Holstein est décidément l’exemple d’un assemblage global dont les fondements sont ancrés dans l’idéologie néolibérale telle que la décrit Aihwa Ong (2006), c’est-à-dire, comme un instrument de domination économique soutenu par la technoscience.

4.2.4. Eurogenomics et le projet d’évaluation européenne unique. Comment ignorer l’effet d’interaction génotype-milieu ?

Eurogenomics a été créé en 2009 aux débuts du nouveau paradigme génomique de la sélection bovine sur initiative française. Son objectif était de concurrencer les pays nord-américains sur la précision des évaluations génomiques. Un des protagonistes directs du moment raconte :

« Là, on est en 2009, les index génomiques sont officiels, ils ne sont pas extrêmement précis, mais pas mal. [...] Et c'est là qu'on voit le consortium américain qui arrive avec ses 10 000 taureaux et en France on en a que 4000... Et on se dit qu'on va être pulvérisé. Et donc à ce moment, on est plusieurs à l'INRA à dire à l'UNCEIA : "il faut que vous fassiez un contrepoids européen". Ce n'est pas forcément facile, parce que les Européens c'est les Allemands avec qui on s'entend bien d'habitude, mais c'est aussi les Hollandais qui sont vraiment les grands compétiteurs et puis c'est les Scandinaves, mais qui étaient à l'époque assez en retard sur la sélection génomique. Et puis après, l'Italie, mais qui est inféodée au Canada... On s'est dit, on va cibler. Donc, il y a eu un séminaire, organisé par B. à Roissy où il a invité ses collègues du Danemark, des Pays-Bas et de l'Allemagne. Et donc moi, j'ai parlé l'essentiel du temps pour expliquer vraiment l'importance de la taille de la population de référence. Et puis, c'est à peu près tout ce que j'ai fait. Le reste du temps c'était des discussions entre professionnels. Et à ma grande surprise, ils sont devenus grands copains. Parce

nationales de sélection. Néanmoins, le fait qu’Intergenomics dans son fonctionnement soit pris en exemple par d’autres acteurs de la sélection bovine mondialisée comme un moyen efficace de distinguer les valeurs génétiques entre les pays tout en utilisant le pool global de ressources génétiques est un signe de l’existence d’une alternative à l’assemblage global avec et autour de la race Holstein.

qu'ils n'étaient pas du tout copains avant. Et d'un coup, à l'automne 2009, ils ont décidé la création d'Eurogenomics et ce gros échange de données. Chacun fournissait 4000 taureaux. Donc on est passé de 4000 à 16000, comme il y avait les quatre pays, comme ça, presque du jour au lendemain. Et du coup, au début 2010 on a eu un gain de précision assez considérable. » (entretien DB)

Aujourd'hui, la population de référence européenne est constituée de 35 000 taureaux, ce qui dépasse celle des pays du consortium nord-américain (33 000). Huit membres fondateurs et seize membres associés représentent neuf pays d'Eurogenomics. Notamment il s'agit de CRV pour les Pays-Bas et le Flandre, d'Evolution pour la France, de Viking Genetics pour les trois pays nordiques, de CONAFE pour l'Espagne, une dizaine d'organisations de sélection associées en Allemagne, etc. Ces membres sont des coopératives historiques d'insémination artificielle (IA) qui ont dorénavant le statut d'organisme et/ou d'entreprise de sélection (OES) en accord avec le nouveau Règlement Zootechnique Européen (RZE) entré en vigueur en novembre 2018. Ce nouveau statut suppose que les OES réunissent en leur sein des fonctions liées aussi bien à la responsabilité des livres généalogiques, au contrôle de performances, à la certification de parenté, à l'évaluation génétique/génomique et au schéma de sélection, c'est-à-dire des missions aussi bien de sélection que de commercialisation. Le RZE entérine ainsi le passage du secteur de la sélection « d'un modèle très régalién, administré par l'État, à un modèle libéral », selon l'expression de Jean-Luc Chauvel, président de Races de France⁸⁵, qui fédérait l'ensemble des organismes de sélection français avant l'entrée en vigueur du RZE. La France est en effet le pays européen qui a gardé le plus longtemps ce système régalién et qui a subi de ce fait le plus gros bouleversement dans l'organisation de son système national de sélection (Labatut et al. 2014; Tesnière et al. 2019). Le RZE exprime également la volonté d'uniformisation organisationnelle de la sélection au sein de l'Union Européenne, motivée par la concurrence que l'industrie européenne continue de subir au niveau mondial de la part des entreprises américaines.

« Dans le cadre de leurs politiques agricoles, les états membres se sont constamment employés à encourager, parfois au moyen d'investissements publics, la production d'animaux d'élevage dotés de qualités génétiques particulières en fixant des normes. Les disparités entre ces normes sont susceptibles de créer des entraves techniques aux

⁸⁵ Source : www.mon-cultivar-elevage.com/content/quest-ce-qui-change-avec-le-nouveau-reglement-zootechnique-europeen

échanges et à l'entrée dans l'Union d'animaux reproducteurs et de leurs produits germinaux. [...] Le but de ces directives est aussi bien de favoriser le développement de l'élevage dans l'Union que de réglementer les échanges et l'entrée dans l'Union d'animaux reproducteurs et de leurs produits germinaux, maintenant ainsi la compétitivité du secteur de l'Union relatif à l'élevage d'animaux. » (Journal officiel de l'Union européenne 2016)

Le fait d'inclure officiellement la fonction d'évaluation génétique au sein des OES, dont le nombre a augmenté au sein des pays, a dans les faits démultiplié les échelles d'évaluation existantes en Europe. Les cinq index officiels historiques des pays membres d'Eurogenomics (Fig. 68) sont aujourd'hui complétés par des index mis en place par des OES, comme par exemple celui de Gènes Diffusion en France, le GD Merit, qui précède l'index officiel français ISU dans le catalogue de l'entreprise (Fig. 69 (1)). On peut ajouter à cela, l'apparition des 'marques', des 'gammes' et des 'labels' de sélection que l'on voit de plus en plus dans les catalogues de vente des entreprises du monde entier et qui représentent une labélisation de l'animal par type de caractères d'intérêt (économiques, morphologiques, sanitaires, etc.) qu'il est capable de transmettre à sa progéniture (Fig. 69 (2) et Fig. 70). Même si le statut d'évaluation 'officielle', c'est-à-dire, reconnue par un organisme d'état continue à exister, la question de gestion de la diversité des index et donc de leur comparabilité se pose plus que jamais.

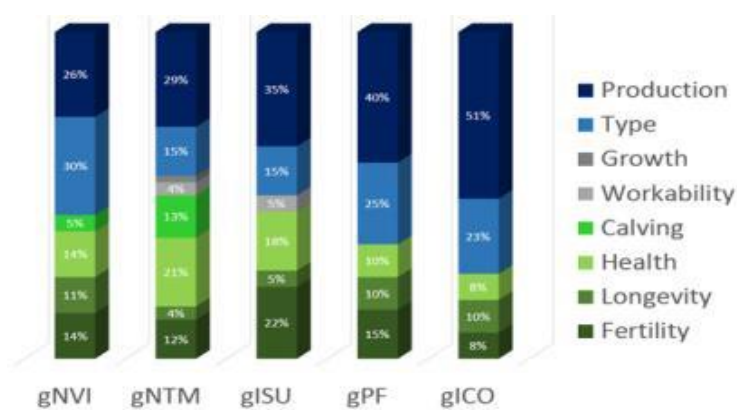


Fig. 68 Composition des différents index européens. Source : Eurogenomics

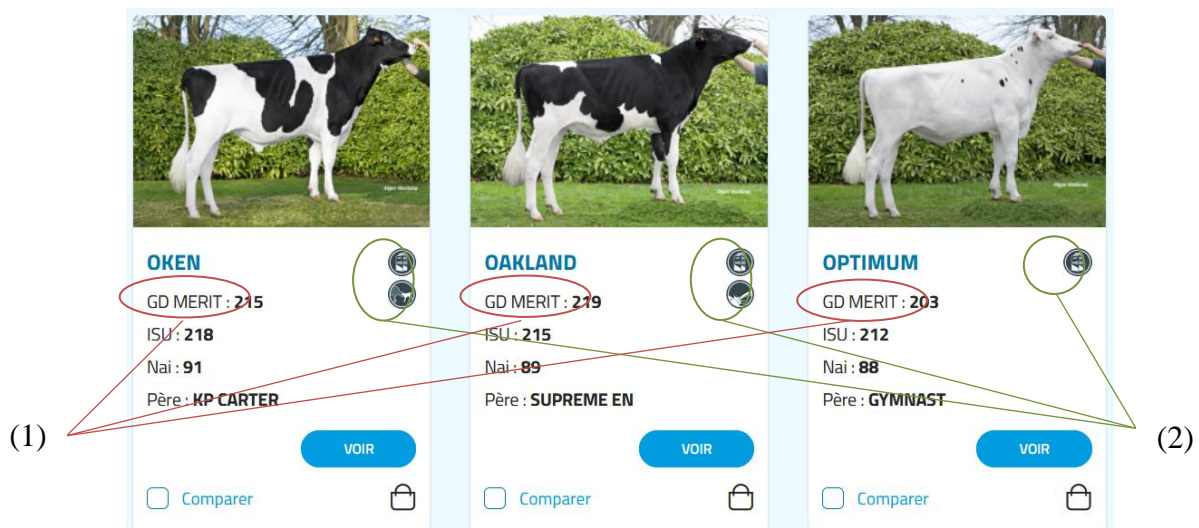


Fig. 69 Extrait du catalogue de Gènes Diffusion qui a mis en place sa propre échelle d'évaluation GD Merit (1) et ses 'gammes' de taureaux (2). Source : Gènes Diffusion



Les taureaux de la gamme Opti PERF sont des reproducteurs spécialistes de la **PRODUCTION**, que ce soit pour le potentiel **LAITIER** ou le niveau des **TAUX**. (p.62)



Une gamme mettant en avant des **TAUREAUX COMPLETS**, améliorateurs à la fois pour les caractères de **PRODUCTION**, de **SANTÉ** et de **MORPHOLOGIE** fonctionnelle. (p.66)



Reproducteurs sélectionnés d'après leur niveau global de **SANTÉ** et produisant une descendance ayant une bonne **LONGÉVITÉ**. Ce sont des taureaux dans le top pour les caractères **SANTÉ DE LA MAMELLE**, **FERTILITÉ** vache et génisse, **SANTÉ DU PIED** et **ACÉTONÉMIE**. (p.64)



NAISSANCE :
taureaux ayant un index naissance supérieur ou égale à 91, utilisables sur génisses.



SANTÉ DU PIED :
taureaux améliorateurs pour les caractères de santé du pied.



POLLED :
taureaux porteurs du gène sans cornes, homozygotes (PP) ou hétérozygotes (Pp).

Fig. 70 Les 'gammes' génétiques de Gene Diffusion. Elles sont associées à un logiciel spécial comme outil d'aide à la décision de l'éleveur pour optimiser les accouplements. « Les gammes OPTI ont été pensées pour les éleveurs. Combinées aux stratégies d'accouplement du logiciel OptiGEN(*), elles permettent à tous les éleveurs d'assurer le progrès génétique et la rentabilité économique de leur troupeau en toute sérénité. » Source : Gene Diffusion

Subissant la pression croissante de la concurrence économique sur le marché international de la génétique Holstein, les membres d'Eurogenomics considèrent la stratégie commerciale américaine comme offensive. Non seulement certains pays du continent européen comme l'Italie et l'Angleterre ont rejoint le consortium nord-américain, mais des entreprises privées américaines commencent à racheter des coopératives historiques situées sur le territoire européen. C'est notamment le cas du rachat en 2017 de l'entreprise d'IA britannique Cogent

par le leader mondial de la production de semence sexée Sexing Technology. Alors qu'elles ont des moyens équivalents en termes d'effectif du cheptel laitier, de taille de population de référence et d'animaux génotypés, les entreprises des pays d'Eurogenomics vendent entre 3 et 4 fois moins de doses de semence sur le marché mondial que les entreprises américaines. Eurogenomics avec sa diversité de schémas de sélection (perçue, selon les industriels, comme une disparité par les acheteurs de la génétique sur le marché mondial) se sent plus faible au niveau commercial, et entend procéder à la création d'un espace européen homogène avec un seul schéma de sélection pour la race Holstein. L'index européen unique opposé à l'index hégémonique américain TPITM jouerait alors le rôle de la monnaie commune inspirée de l'euro qui a su jusqu'à un certain point égaler le Dollar américain dans l'espace économique mondial. Dans cette démarche concurrentielle contre l'Amérique du Nord et dans le but d'asseoir la sélection Holstein européenne, le consortium Eurogenomics (à la différence du Consortium Nord-Américain) s'est institutionnalisé en prenant un statut de coopérative internationale. Il possède également une structure technique en son sein : Eurogenetics qui réunit des experts européens pour un travail commun sur les aspects techniques et scientifiques des évaluations génomiques.

Avec le nouveau Règlement Zootechnique Européen (Journal officiel de l'Union européenne 2016), les discussions autour de la construction de l'évaluation unique de la race Holstein en Europe reviennent de manière de plus en plus insistante dans les réunions des membres d'Eurogenomics. Du point de vue de la génétique quantitative, le passage à l'évaluation européenne unique suppose d'ignorer l'effet d'*interaction génotype-milieu* et de supposer que les corrélations génétiques entre les pays-membres sont égales à '1'. Pour les industriels, la prise en compte de l'effet de cette 'interaction' est effectivement superflue et n'a que très peu d'impact dans la pratique de vente et de sélection.

« De toute façon, c'est très très peu pris en compte. A part quelques pays qui ont une démarche un peu particulière où ils savent qu'il y a une réelle interaction et qu'il faut essayer de la mesurer pour savoir quelle peut être la génétique la plus adéquate pour faire des choses. Mais ce sont des choses extrêmement confidentielles. Le gros de la troupe ne prend pas en compte cette dimension, regarde le classement américain : si le taureau est bon dans le classement américain, c'est qu'il est bon pour moi et voilà. » (entretien JYD)

Les entreprises commerciales membres d'Eurogenomics mettent alors depuis 2017 la pression sur les généticiens investis dans Eurogenetics pour trouver une solution technique *ad hoc*, simple, rapide et efficace, qui s'exonèrerait de l'*interaction génotype-milieu*. Les scientifiques impliqués y sont réticents : d'une part, cela va à l'encontre de leur objectivité et du travail de longue haleine effectué avec Interbull, et d'autre part, le retrait de *G*E* des systèmes nationaux d'évaluation génétique signifierait une refonte de ces systèmes en profondeur. Le réarrangement des liens au sein des agencements sociotechniques est un processus aussi complexe lorsqu'on y introduit un nouvel élément que lorsqu'on l'en retire. L'harmonisation doit commencer en premier lieu bien en amont du domaine de compétences scientifiques avec une révision des objectifs de sélection, des pratiques de mesure par les éleveurs, les vétérinaires, le contrôle laitier, etc. Pour certaines mesures comme la quantité de lait produit ou la taille de l'animal qui sont définies et évaluées de manière relativement homogène dans tous les pays, il est possible de reconnaître que l'effet de *G*E* sur la valeur génétique est assez faible, et donc que l'effort d'harmonisation est minime. En revanche, pour d'autres caractères plus complexes comme la fertilité, qui n'a pas la même définition partout, et qui est de fait mesurée de cinq manières différentes selon les pays, l'harmonisation est difficile. Elle est même inenvisageable en toute rigueur scientifique lorsque l'on prend en compte les différences des zones climatiques entre le nord et le sud de l'Europe, car l'effet du climat (notamment la température et la luminosité) sur la fertilité des animaux est très fort. Bref, c'est un processus long et coûteux. L'expérience des trois pays nordiques (la Suède, la Finlande et le Danemark) en témoigne : ils ont mis près de huit ans pour réunir leurs schémas de sélection et leurs systèmes d'évaluation génétique entre 2002 et 2010. En attendant que le nouveau système se stabilise, une perte de fiabilité des évaluations avantagerait les concurrents sur le marché mondial. Les industriels d'Eurogenomics restent néanmoins fermes sur leur volonté de réunir des systèmes d'évaluation pour avoir un seul et même index européen face à la concurrence américaine. Cette volonté est également motivée par l'optimisation des coûts de back-office (dont l'évaluation fait partie), secondaires par rapport à ceux de production et de commercialisation des produits génétiques. Ce genre de dialogue témoigne du désaccord entre les scientifiques et les industriels au sein d'Eurogenomics:

Scientifique : « *Pourquoi ne pas discuter des améliorations communes en marketing?* »

Représentant des industriels : « *Le marketing est surtout opéré au niveau national. Il y a trop de différences.* »

Scientifique : « *Vous devriez l'harmoniser aussi.* »

Représentant des industriels : « *Oui... mais ce n'est pas possible.* »

Scientifique : « *Et puis, si vous pouvez arrêter d'acheter systématiquement vous-même des taureaux américains...* »

(extrait d'une observation participante à Eurogenomics en 2018)

En dehors de l'axe concurrentiel États-Unis vs Europe, il y a la dichotomie industrie coopérative vs industrie privée comme conséquence de la libéralisation du marché de la génétique animale. Avant l'avènement de la génomique, c'est-à-dire avant 2009, le poids des acteurs privés dans le domaine de la sélection bovine était faible. Depuis, on constate une montée en puissance d'acteurs privés (ABS, Sexing Technology, Data Genetics, Zoetis) qui prennent de plus en plus de parts de marché et privatisent les ressources génétiques animales jusqu'à présent gérées comme des biens communs (Labatut, Aggeri et Allaire, 2013 ; Labatut et Tesnière, 2018). L'enjeu pour les industriels des coopératives, qui sont soutenus également dans cette démarche par les scientifiques, est de garder entre les mains des éleveurs la maîtrise ainsi que la valeur ajoutée de la génétique :

« L'idée est de faire en sorte de ne pas tomber dans le modèle du végétal où les agriculteurs n'ont aucune maîtrise de la génétique, que ce soit au niveau qualitatif ou au niveau coût. Et on voit bien qu'aujourd'hui, dans notre secteur privé, ce sont des structures qui font 20-30% de bénéfice. La question est où va ce bénéfice ? Il ne revient pas aux éleveurs. (entretien JYD)

Le Règlement Zootechnique Européen joue également en faveur d'une harmonisation maximale des systèmes nationaux de sélection génétique animale en Europe pour améliorer la compétitivité du marché européen à l'international. L'Europe, de ce fait, s'aligne sur le modèle américain tout en continuant à s'y opposer dans le discours. En continuant à défendre la rigueur scientifique, la complexité des dispositifs technologiques impliquant des organismes biologiques et la diversité nécessaire à la durabilité de la sélection, les généticiens européens ayant perdu le pouvoir de décision, acceptent de s'engager avec les industriels d'Eurogenomics dans un projet techno-politique commun qui vise à retirer le facteur d'*interaction génotype-milieu* – savoir devenu 'inconfortable' selon l'expression de Steve Rayner (2012) – de la qualification des produits génétiques européens et à admettre le même 'milieu' partout : de la Suède à l'Espagne et de l'Espagne à la Pologne.

Conclusion

Dans cette seconde période de la vie d'Interbull, nous l'avons vu se matérialiser autour d'une infrastructure de calcul opérant la commensuration des index génétiques des taureaux reproducteurs : du choix de l'emplacement géographique aux procédures minutieuses de la traduction mathématique des valeurs nationales en valeurs internationales comparables entre elles. Devenu 'centre de calcul' opérant l'information en provenance du monde entier, est-ce qu'Interbull est devenu pour autant le 'point de passage obligé' (Callon 1986) pour toutes les voies de circulation des ressources génétiques sur le marché global ? Est-ce que son statut de centre de calcul lui procure automatiquement le statut d''infrastructure' dans le sens défini par Star et Ruhleder (1996) : une structure qui tient l'ensemble des éléments de manière solide et pérenne et dont l'importance pour l'ordre des choses apparaît seulement lorsqu'elle s'écroule à l'exemple d'un pont traversant un cours d'eau ?

Nous avons bien noté l'intentionnalité des acteurs qui ont problématisé la globalisation marchande de la Holstein et ont mené un travail techno-politique vers le monde global de la sélection basé sur la diversité des systèmes de valeurs. Nous avons également constaté la matérialité du résultat de ce travail. Interbull comme centre d'évaluation génétique internationale, comme outil de régulation des circulations marchandes, comme lieu de débat et de partage d'information existe bel et bien et impressionne par l'envergure de son action dans le monde des bovins. En pratique, l'unicité ambitionnée des espaces technique et marchand n'est pas si stricte. Beaucoup de choses échappent au contrôle de la communauté et des outils technoscientifiques. Notamment, la domination de la génétique fournie par les taureaux américains évalués sur l'échelle TPITM se révèle difficile à contrer sur le marché de la Holstein-Frisonne et comme nous l'avons vu au chapitre 1, la diversité génétique de la race continue d'en pâtir. D'ailleurs, aucune étude directe et explicite n'a été menée pour évaluer un réel impact d'Interbull sur l'activité de sélection bovine au niveau mondial. Deux études – l'une de Canadian Dairy Network (Van Doormaal et al. 2005) et l'autre de l'Institut d'élevage (IDELE) (S. Mattalia et al. 2006) – ont été menées sur le développement de la race Holstein-Frisonne au niveau plutôt local : au Canada et en France respectivement. Elles peuvent dans leurs aspects longitudinaux être indirectement reliées à l'histoire d'Interbull et au développement de ses services d'évaluation internationale. Par exemple, un des graphiques extrait de l'étude française (Fig. 71) montre que dans huit pays tous grands producteurs de la génétique Holstein, les taureaux nés en 1990 (quatre ans avant le lancement du service d'évaluation par Interbull) avaient entre 50 et 90% de gènes issus des 20 taureaux (pères et

grands-pères) les plus utilisés dans la sélection mondiale. Autrement dit, leur niveau d'apparentement entraînait inévitablement un niveau de consanguinité élevé dans les générations suivantes. La même mesure effectuée en 1995 (l'année suivant le lancement du service d'Interbull) montre une diminution importante de ce pourcentage due à la diversification des origines des taureaux utilisés. Selon un des auteurs de cette étude, cette observation peut être interprétée comme un impact des évaluations internationales qui ont rendu possible le choix des reproducteurs à partir d'un panel élargi des valeurs génétiques commensurées. Néanmoins, cinq ans après, les principaux pays producteurs et exportateurs de la génétique (les pays européens et les États-Unis)⁸⁶ sont revenus au 'recrutement génétique global' avec le panel restreint de 20 taureaux reproducteurs majoritairement américains.

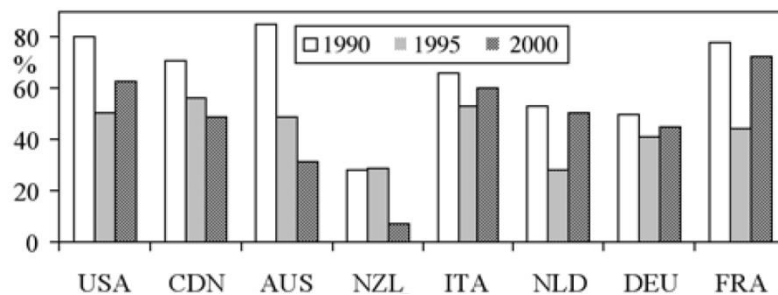


Fig. 71 Analysis of origin of Holstein bulls' genes according to their year and country of birth: percentage of genes provided by the 20 most contributing genitors. Source: (Mattalia et al. 2006)

Par ailleurs, l'arrivée de la génomique a provoqué une très forte incertitude chez les acteurs d'Interbull quant à l'avenir de cette organisation internationale. Même si la réponse des acteurs eux-mêmes à cette question était optimiste, l'impact d'Interbull sur les circulations marchandes de la génétique bovine (du moins de la race Holstein) a été amoindri par le retournement des rapports de pouvoir en faveur des industriels de la semence. Plutôt qu'à un pont sur le fleuve rapide de la globalisation, Interbull ressemble à un bateau naviguant à vue avec une ligne d'arrivée qui recule en permanence. Une métaphore similaire a d'ailleurs été utilisée par Star et Ruhleder (1996) dans leur cas d'étude sur Worm Community System (WCS), un système informatique collaboratif d'une communauté internationale de généticiens à l'époque du projet de séquençage du génome humain. Pour ces sociologues, WCS n'a jamais surmonté ce qu'ils appellent le 'syndrome transcontextuel' ('transcontextual

⁸⁶ L'Australie et la Nouvelle Zélande représentent une exception à cette tendance, car ils utilisent plus de croisement entre les races Holstein et Jersiaise dans leurs élevages et leur sélection est moins orientée sur le standard de la race pure.

syndrom')⁸⁷. C'est-à-dire que les espaces des différents langages (des concepteurs, des gestionnaires et des utilisateurs du système) n'ont jamais pu être réunis en un espace communicationnel commun. Le problème d'Interbull est similaire. Même si son objectif portait justement sur la création d'un tel espace 'transcontextuel' dans le sens 'transnational', le 'syndrome' des langages différents, propres notamment aux logiques des acteurs – scientifiques d'un côté, industriels de l'autre ; 'petits' pays s'accrochant à la science d'un côté, 'grands' pays portés par la logique d'expansion économique de l'autre – n'a pas été éliminé. Il aurait probablement pu l'être si les scientifiques avaient impliqué dès les débuts de leurs discussions les acteurs industriels afin de co-construire avec eux l'espace commun de la sélection bovine mondiale. Sans cela, la tension entre les acteurs scientifiques et industriels semble avoir été accentuée et de manière tacite et sous-jacente continue à empêcher une action efficace pour une sauvegarde du régime coopératif de la sélection animale (Labatut et al. 2014).

Je conclus donc que l'espace globalisé de la sélection bovine représente un *assemblage global* d'éléments hétérogènes, instable et soumis à des tensions intrinsèques :

“Global implies broadly encompassing, seamless, and mobile; assemblage implies heterogeneous, contingent, unstable, partial, and situated.” (Ong et Collier 2008, p. 12)

Les acteurs scientifiques engagés à résister au rouleau compresseur du marché néolibéral font leur possible pour mettre en place et promouvoir des outils statistiques d'évaluation qui maintiennent un niveau de diversité indispensable à la poursuite de l'activité de sélection.

“We put as much mathematics in place as we can to make things as comparable as we possibly can, but there are some things that the mathematics can never, never fully account for. Not everything is perfect, right?” (entretien PS)

Parmi les choses que les mathématiques sont incapables de prendre entièrement en compte, il y a bien sûr les différents aléas inhérents à la nature biologique des organismes vivants qu'on considère comme 'bruits' et qu'on classe dans la catégorie 'résiduelle' des modèles statistiques d'évaluation. Mais au-delà, les aléas humains et sociaux sont aussi compliqués à

⁸⁷ Terme issu des travaux de Gregory Bateson (1904- 1980) – anthropologue et psychologue américain – sur les maladies mentales.

enfermer dans des modèles mathématiques stables et durables. Les compromis sur lesquels se fonde la modélisation (Ducrocq 2020) doivent être considérés dans leur dynamique permanente. Ainsi, Interbull doit être vu comme une forme globale qui assemble et réassemble de nombreux éléments hétérogènes en fondant un espace de commensuration sur des constructions en même temps stables et éphémères, où les différentes valeurs accordées à la vache dans différents contextes peuvent coexister et interagir.

Partie III

Construire une vache locale à partir du modèle global



Ceci pourrait être une vache locale.

* * *

Jusqu'à présent, le lecteur de cette thèse a plutôt suivi le processus d'abstraction de la vache par les instruments de quantification de sa valeur. Cette abstraction est l'essence-même de la globalisation du marché des organismes vivants, mais ne couvre pas pour autant l'ensemble des pratiques qui font de la vache un animal global. Il est aussi important de voir comment la vache globale atterrit localement, comment elle est perçue et adoptée par les acteurs du terrain.

Dans la partie précédente, j'ai présenté au lecteur l'espace transnational régulant la circulation des ressources génétiques bovines par leur évaluation différenciée. Cet assemblage global, dont la consolidation autour d'un centre de calcul représentait un ambitieux travail techno-politique de toute une communauté de généticiens pendant quarante ans, s'est vu déstabilisé et bouleversé ces dix dernières années par quelques pays développés qui ont introduit une innovation génomique dans leurs systèmes nationaux d'évaluation. Comment cet espace évolue-t-il à l'ère génomique ? Comment est-il réassemblé avec des éléments et acteurs nouveaux ? Quelles stratégies les généticiens qui ont perdu le pouvoir décisionnel dans leurs pays mettent-ils en place pour garder une certaine autonomie de leur profession et la pérennité de leurs idées fondées sur l'objectivité scientifique, en opposition à la conception industrielle et marchande de la vache globale standardisée ? Dans cette dernière partie, je propose de continuer à suivre ces généticiens et regarder la problématique de la globalisation de la sélection bovine à partir des pays en développement où ils s'impliquent en experts. Je prends comme guide sur ce terrain bien diversifié et en pleine évolution le projet de recherche en génomique bovine intitulé GENOSOUTH initié en 2012 par VD, généticien de l'INRAE.

Mes réflexions sur les relations entre pays développés et pays en développement⁸⁸ dans des domaines hautement technologiques et en même temps impliquant des organismes vivants ont commencé lors de mon expérience professionnelle au sein du service des relations internationales de l'INRAE. Un épisode du 2012 m'a marquée particulièrement. J'ai été informée de la visite officielle d'une délégation ministérielle d'Azerbaïdjan au domaine expérimental du Pin, en Normandie, dont le troupeau est majoritairement composé des animaux de race Normande, race mixte à dominance laitière, autrefois la fierté nationale du

⁸⁸ Je rappelle juste aux lecteurs qu'ici, la distinction entre pays 'développés' et pays 'en développement' se rapporte plus au secteur de la sélection bovine qu'à la polarisation traditionnelle géopolitique. J'ai expliqué ce choix terminologique dans l'introduction générale de cette thèse, ainsi que le fait que d'autres distinctions sont utilisées par les acteurs et que je souhaite garder ici. J'emploierai dans le même registre les termes 'exportateurs' vs 'importateurs', 'petits pays' vs 'grand pays' ou encore 'pays génomiques' vs 'non-génomiques' en les plaçant dans leurs contextes de manière à garder les nuances sémantiques chères à ces acteurs.

patrimoine bovin français. Je me rends alors sur place où je retrouve le directeur du domaine et son employée, ainsi que deux représentants des services de renseignement d'État chargés d'assurer la sécurité de la visite et le sous-préfet de la région Basse-Normandie⁸⁹ venu s'assurer de la bonne préparation d'accueil. Enfin la délégation arrive : neuf voitures officielles, ornées de drapeaux de deux pays et de gyrophares bleus et accompagnées d'une escorte de motos. Les vaches normandes ont rarement vu une telle cérémonie. La délégation est composée du Ministre de l'agriculture d'Azerbaïdjan, de l'Ambassadeur d'Azerbaïdjan en France, des directeurs des différents instituts de recherche dans le domaine agricole, dont plusieurs représentants du domaine de l'élevage. La Sénatrice de l'Orne préside la délégation dans son rôle de la chargée de mission de la politique extérieure en Azerbaïdjan. C'est sur son invitation que les personnalités officielles de ce pays en plein essor économique se rendent en Normandie et au Salon International de l'Agriculture qui se tient alors à Paris à la même période pour acheter de la génétique bovine. Les vaches Normandes leur ont donc été proposées comme solution à leur besoin de renouveler le troupeau laitier du pays et d'augmenter les productions. Pendant ma présentation de l'INRAE, de ses missions et de ses recherches notamment dans le domaine de l'élevage bovin, les membres de la délégation s'impatiente à la perspective d'aller enfin acheter des vaches et semblent contrariés par une perte de temps à l'endroit où la transaction commerciale ne peut pas avoir lieu. Lors de la visite de la ferme, pour détendre l'atmosphère, j'engage une conversation avec le Ministre sur leurs besoins en matière de génétique bovine, sujet sur lequel je me sens déjà assez à l'aise. A ma question sur le type de vaches qu'ils souhaitaient importer, la réponse est sans ambiguïté apparente : « on veut qu'elles nous 'inondent' de lait. » Alors, j'explique que les Normandes ne sont peut-être pas les mieux placées pour répondre à cette exigence surtout dans les conditions climatiques de leur pays du sud de l'Asie Centrale. La réaction de mon interlocuteur est alors très vive. Sans me répondre, il réunit autour de lui sa délégation et leur parle en azéri (langue que je ne comprends pas). Le ton monte. Enfin l'Ambassadeur d'Azerbaïdjan se détache du groupe, se dirige vers la Sénatrice et sur un ton d'un mécontentement courtois lui explique qu'il n'apprécie pas sa démarche de vouloir les faire acheter la génétique qui ne leur convient pas et qui les fait perdre leur temps précieux. La délégation a quitté les lieux illico, après juste quelques remerciements brefs et formels pour l'accueil réservé. Je m'attendais à avoir des retombées de ce petit 'conflit diplomatique' au niveau de l'INRAE, mais rien de tel ne s'est produit et je n'ai plus jamais attendu parler des

⁸⁹ Avant la réunification des régions

intentions de l'Azerbaïdjan quant à l'achat de la génétique bovine en France. De la même manière, le Sénateur du Gers chargé de mission au Kazakhstan, déployait son influence pour exporter dans ce pays des vaches et des taureaux de la race à viande Blonde d'Aquitaine, originaire de sa région d'investiture. Ces épisodes étant assez représentatifs des relations entre les pays dits développés et les pays dits en développement, ont commencé à me questionner sur la participation des vaches dans la vie diplomatique et économique internationale. Ces questionnements se sont poursuivis sur le terrain scientifique avec le projet GENOSOUTH dont j'ai vu l'émergence et que j'ai connu à ses débuts en tant que coordinatrice de la collaboration avec le Kazakhstan, l'un des pays impliqués.

Les vaches et les taureaux dans les pays en développement me sont ainsi apparus, de manière très surprenante, comme des enjeux politiques autour desquels s'affrontaient différents intérêts nationaux et différentes logiques d'acteurs aussi bien économiques que scientifiques. Un vrai terrain de '*diplomatie bovine*'. Cette notion hybride va en effet selon moi bien au-delà du cadeau diplomatique (d'un troupeau de vaches ou d'un taureau champion d'une race considérée comme patrimoine culturel national) par lequel des chefs d'état affichent une relation cordiale entre nations ou fournissent une assistance sociale et économique⁹⁰. La diplomatie ne se limite pas au travail du corps diplomatique de l'état. Les spécialistes des sciences politiques la reconnaissent comme plus intégrative (Hocking et al. 2012; Ruffini 2019). Pour Pierre-Bruno Ruffini, spécialiste des sciences politiques, « la diplomatie est un ensemble de pratiques reposant sur le dialogue, la négociation et la représentation, par lesquelles un pays souverain assure la défense et la promotion de ses intérêts et de ses valeurs dans ses relations avec les autres pays. » (Ruffini 2019, p. 69) Des acteurs tels que les ONG, les entreprises, les scientifiques peuvent être porteurs de 'soft power'⁹¹ dans la promotion d'intérêts nationaux à l'étranger, mais aussi d'idées et de valeurs. « Un pays est ainsi influent parce que, à tort ou à raison, dans l'imaginaire collectif, son mode de vie, ses valeurs, sa réussite séduisent, inspirent, attirent. » (idem, p. 78) La vache, par ses différents modes d'existence chez différents acteurs, incarne et transporte ainsi des valeurs

⁹⁰ Un cas récent d'un tel cadeau diplomatique et rapporté dans la presse comme « cattle diplomacy » concerne un geste du Premier Ministre indien envers son homologue rwandais lors de sa visite officielle. Il a offert 200 têtes de vaches en signe d'amitié entre les deux peuples et pour aides les paysans locaux : <https://www.dhakatribune.com/feature/2018/07/25/cattle-diplomacy-narendra-modi-donates-200-cows-to-rwanda>

⁹¹ La distinction devenue classique entre les concepts politiques de 'soft power' et de 'hard power' provient des travaux du politiste Joseph S. Nye (2004). Le 'soft power' se présente comme une capacité à influencer par l'attraction, la séduction, la persuasion comme moyens plus subtils que la coercition ou l'argent représentatifs du 'hard power'.

sociétales diverses et peut jouer le rôle de vecteur diplomatique à plusieurs niveaux : scientifique, socio-économique, politique.

J'utilise donc dans cette partie la notion de diplomatie pour poursuivre ma narration sur la globalisation de la vache à travers l'extension du réseau de l'évaluation génétique et génomique bovine vers les pays en développement. Je m'appuie sur le travail coordonné par Grégoire Mallard, Catherine Paradeise et Ashveen Peerbaye (2008) intitulé « Global Science and national Sovereignty » et celui coordonné par Mina Kleiche-Dray (2018) intitulé « Les ancrages nationaux de la science mondiale, XVIIIe-XXIe siècles » pour mettre en lumière une dernière tension (dans le cadre de cette thèse au moins) qui traverse la sélection bovine : tension entre la science globale (en l'occurrence, la génétique quantitative) et les contextes et les intérêts locaux des États et de leurs acteurs. En problématisant la relation entre les principales valeurs mertonniennes⁹² de la science (universalisme, désintéressement, communalisme et scepticisme organisé) et le pouvoir national, Mallard, Paradeise et Peerbaye (2008) ont en effet montré que le pouvoir souverain des États ne diminue pas avec la montée en puissance des niveaux transnational, supranational et international dans la gouvernance de la science globale. Le livre de Kleiche-Dray de son côté réunit des travaux plus spécifiques aux pays en développement, ou « non hégémoniques ». Il montre d'une part que ces derniers disent aussi souverainement leur mot face à la science globale revendiquée par les pays développés, même si d'autre part ils ont vraiment besoin des réseaux scientifiques internationaux comme appui et/ou comme contrepoint à leur recherche nationale. La notion de diplomatie permettra de travailler la relation toujours dialectique entre le national et l'international, entre les pays développés, considérés comme principaux producteurs de la science moderne, et pays en développement, considérés plutôt comme ses utilisateurs. Elle aidera à comprendre les différentes stratégies que les acteurs déploient de part et d'autre dans leurs démarches de coopération pour promouvoir leurs intérêts, leurs idées et leurs valeurs, en relation avec ceux de leurs États-Nations respectifs. J'aurais d'ailleurs pu utiliser cette idée de diplomatie pour analyser le processus de construction de l'espace global commun dans les deux chapitres précédents. J'y ai montré en effet que la coopération entre différents pays au niveau global ne les empêchait pas de préserver leurs intérêts nationaux, leurs ambitions en matière d'influence politique et leurs valeurs idéologiques. J'y ai néanmoins pris le parti de construire mon récit autour de l'idée de commensuration pour apprécier le rôle des outils techniques dans les négociations internationales et les compromis obtenus. Gardons alors

⁹² Robert King Merton (1910-2003), sociologue américain, est reconnu comme 'père' de la sociologie de la science. Il a défini dans ses travaux les principes de la science dite 'pure' ou fondamentale (Merton 1974).

cette idée en tête dans cette troisième partie qui met en lumière la suite de ces négociations, un nouvel assemblage global en train de se faire. La *diplomatie scientifique* à l'œuvre que je présente dans les chapitres à venir est complétée par des pratiques d'acteurs locaux que je rattache plus particulièrement à la notion *DIY* (*'Do It Yourself'*). Cette notion porte en elle la signification d'une débrouillardise, d'une voie alternative lorsqu'il est impossible ou non souhaité de suivre la voie qui se présente comme la plus évidente (McKay 1998). S'il ne s'agit pas ici des communautés de la Biologie DIY, dite aussi 'la biologie du garage' ou 'biohacking', qui sont bien structurées et implantées en Europe et en Amérique du Nord pour s'approprier des outils scientifiques *ad hoc* par des voies contournées (M. Meyer 2012), les pratiques d'acteurs observées notamment en Afrique du Sud témoignent en grande partie de cette volonté d'appropriation d'outils disponibles pour construire leur vache locale dans l'absence (ou compte tenu de la défaillance) de l'outil d'évaluation officielle.

Dans la construction des deux chapitres qui suivent, je m'appuie sur les données issues de ma longue implication au sein de la Direction des relations internationales de l'INRAE entre 2009 et 2014 et aux côtés des généticiens de l'UMR GABI lors des différents projets de coopération dans les pays en développement. Des documents d'archives conservés, des notes et des comptes rendus de réunions, de nombreuses discussions avec les acteurs français et étrangers impliqués de près ou de loin dans les projets liés à la sélection bovine, ainsi que mes propres observations sur divers terrains (Brésil, Kazakhstan et Afrique du Sud en particulier) forment le riche matériau de la présente analyse. Le sixième et dernier chapitre présente aussi et surtout le résultat de mon enquête d'un mois en Afrique du Sud qui m'a permis d'élargir mes connaissances aux pratiques d'éleveurs locaux, utilisateurs finaux du travail technopolitique des généticiens et du marché global de la sélection bovine dont la partie précédente rendait compte.

Chapitre 5

Les enjeux pour une diplomatie bovine dans les pays en développement

Dans la continuité de la globalisation du marché des ressources génétiques bovines, l'inclusion des pays en développement dans l'espace tenu surtout par les pays développés représente un terrain très actif d'influence économique et politique.

L'influence politique des pays développés dans les pays en développement était auparavant plutôt portée par des instruments du 'hard power' tels que des campagnes militaires ou marchandes. A l'époque coloniale, l'extension du pouvoir impérialiste faisait déjà appel aux animaux symboliques et sacrés de nombreuses cultures préindustrielles des territoires colonisés. La vache et le lait étaient depuis le XIXe siècle des vecteurs politiques de la colonisation (Pinaud 2016). Nombreuses étaient des destructions massives du cheptel des ethnies locales et des importations de races européennes. Plus tard, de manière générale, les pays en développement, colonies ou pas, sont devenus des cibles du 'hard power' économique occidental, des marchés de prédilection où vendre du bétail de production. Aujourd'hui, les pratiques d'évaluation génétique permettent à ces pays, même s'ils n'en possèdent pas des versions technologiques les plus modernes, de développer une démarche plus réfléchie sur les importations massives de bovins (ou de leur semence) sur leur territoire. Plusieurs d'entre eux ont intégré Interbull dans les années 2000 pour avoir des outils permettant d'apprécier la qualité des produits disponibles par rapport à leurs besoins propres. « Le fossé s'est creusé » avec l'arrivée de la génomique, technologie que les petits pays ne peuvent pas acquérir facilement du fait de la taille insuffisante de leurs troupeaux sous contrôle de performance, de leur 'retard' scientifique et technologique ou du manque de coordination dans les actions menées. Mais leur réponse aux importations est dorénavant mieux fondée sur des connaissances acquises. Les pays exportateurs sont donc obligés de mettre en œuvre des stratégies de persuasion plus sophistiquées afin de pénétrer tel ou tel marché en développement et de s'y maintenir.

Dans un premier temps, je mets en lumière les différents enjeux de la globalisation de la sélection moderne pour les pays émergents, ainsi que différentes options plus ou moins concurrentes qui s'ouvrent à eux au regard des acquis des pays développés. Je présente ensuite le projet GENOSOUTH porté par les généticiens français en réponse à ces enjeux

identifiés. Je mets en lumière sa nature diplomatique et non seulement scientifique qui vise à promouvoir une certaine vision de la sélection bovine dans le monde globalisé fondée sur une diversité des milieux et des valeurs qui leur correspondent. On croisera cette mission d'influence politique avec celles d'autres acteurs des pays développés, notamment des acteurs marchands, qui déploient leurs propres formes de diplomatie bovine sur ce terrain.

5.1. Les enjeux de la sélection génomique dans les pays en développement

L'histoire de la globalisation bovine qui a commencée dans les années 1970 et que nous avons suivie dans le chapitre 3, a fait une boucle technologique et nous amène dans les années 2010. La situation à laquelle la sélection bovine fait face aujourd'hui est en grande partie similaire à celle du début de la dynamique internationale, mais en plus complexe et impliquant un nombre d'acteurs plus important. Sous le paradigme technologique de sélection génétique basée sur le testage des taureaux-reproducteurs, l'Amérique du Nord est devenu le premier exportateur massif de la génétique Holstein. En face, les pays européens se présentaient comme importateurs soucieux de connaître la 'vraie' valeur de ce qui leur était vendu. Aujourd'hui, le marché global de la Holstein fonctionne sous le paradigme technologique de la génomique et porte sur un cercle élargi de pays qui veulent y participer sans subir les importations (Fig. 72). Les circulations des ressources génétiques couvrent non seulement un territoire plus large, elles véhiculent aussi tout un monde technologique et suscitent encore plus d'interrogations de la part d'acteurs encore plus variés. Même si le problème posé à la technoscience reste celui de la comparabilité des valeurs génétiques et génomiques des animaux entre les différents pays et régions du monde, la diversité de ces valeurs a beaucoup augmenté.

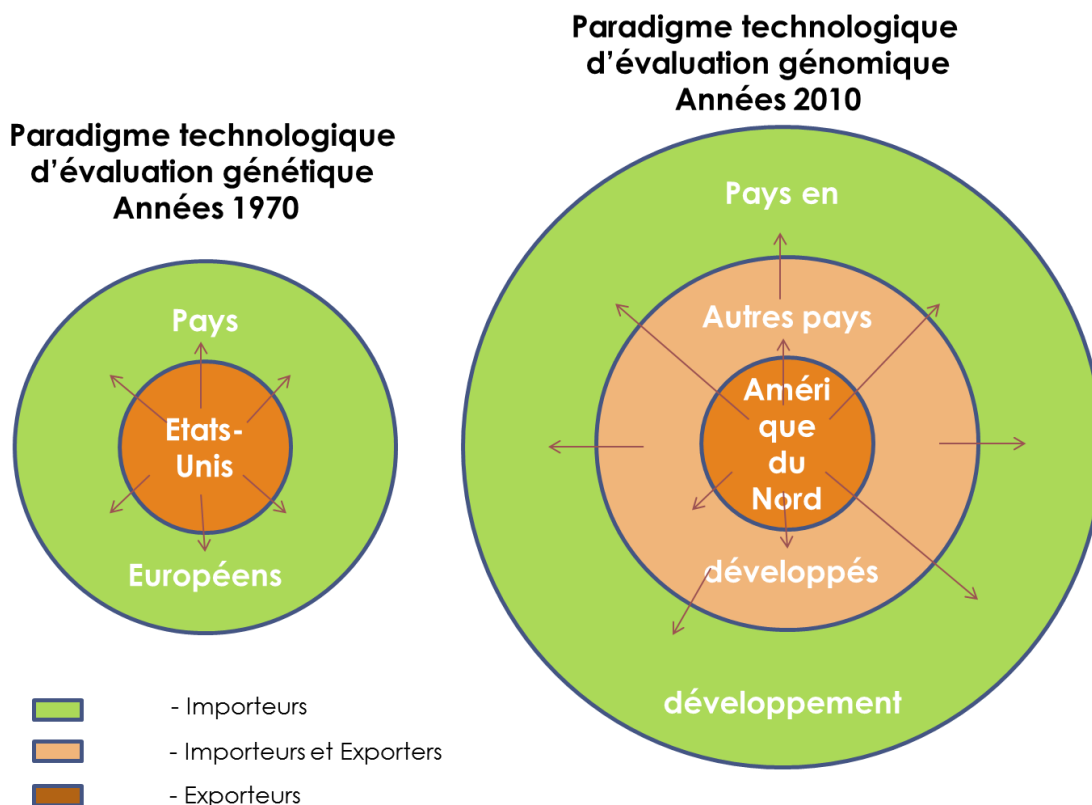


Fig. 72 Similarité et évolution de la situation sur le marché de la génétique Holstein entre les années 1970 et les années 2010.

Comme auparavant, les nouveaux importateurs avertis veulent profiter des avantages de la génétique amélioratrice proposée dans le pool global tout en évitant des inconvénients de la domination politico-économique par les pays développés. Ils souhaitent pouvoir choisir les animaux en accord avec leurs besoins locaux. Ils souhaitent aussi pouvoir exporter à leur tour, c'est-à-dire être pleinement acteurs du marché global de la génétique bovine et non seulement le subir. Ils saisissent alors la technologie d'évaluation génomique comme le point de passage obligé dans leur cheminement vers ces objectifs.

Dans le domaine de la génomique humaine, on voit surgir des revendications identitaires nationales ou ethniques. Des pays et des régions du monde non occidental – en Asie (Ong 2016), dans le monde arabe (Moulin 2018) ou chez les Amérindiens (Stolz 2009) – utilisent la technologie du séquençage du génome pour valoriser leurs spécificités génétiques notamment dans des implications médicales. Mais ces politiques identitaires sont loin de faire l'unanimité. Dans le domaine de la sélection bovine les enjeux identitaires s'expriment aussi. L'expansion du marché de la génétique bovine des pays développés vers les pays en développement met ces derniers devant plusieurs options : adopter le standard génétique et le système de valeurs d'un des pays producteurs sans tenir compte des différences du contexte ;

choisir sa génétique ailleurs mais selon un critère de milieu jugé similaire ; donner une place prépondérante aux critères du milieu et de la souveraineté nationale et opter pour la construction d'un système local d'évaluation. Aussi, à l'ère de la génomique, fédérer des acteurs aux convictions différentes pour construire un projet national ou régional dans le domaine de l'élevage devient-il de plus en plus indispensable et de plus en plus compliqué en même temps (Labatut et al. 2014).

5.1.1. Les enjeux économiques : intérêts multiples des acteurs de la sélection bovine

Même si j'ai pris comme postulat de départ la domination de la logique économique dans notre approche du vivant (Murphy 2017), différentes formes d'économie peuvent être imaginées impliquant de différentes valeurs. Je l'ai démontré notamment dans la partie précédente en analysant les tensions et les jeux de pouvoir entre les acteurs porteurs de visions concurrentes de l'avenir du marché global de la sélection bovine. Quelles sont donc les différentes options ouvertes aux pays en développement en vue de leur intégration dans l'espace économique global désormais assemblé autour de la technologie génomique de la sélection.

Les enjeux économiques de la sélection animale dans les pays en développement sont ancrés dans ce que la FAO a appelé dans son rapport sur l'élevage de 2009 « la révolution de l'élevage » :

« L'explosion de la demande d'aliments d'origine animale des pays enregistrant les taux de croissance les plus élevés a entraîné d'importantes hausses de la production animale, soutenues par de grandes innovations technologiques et d'importants changements structurels dans ce secteur. » (FAO 2009, p. 7)

Les pays émergents dont les systèmes agricoles sont soumis aux pressions des besoins alimentaires en protéines animales sont en effet à la recherche de moyens pour augmenter leurs productions. La sélection fondée sur des hautes technologies est considérée comme moyen efficace pour accélérer le progrès génétique et ainsi améliorer les productions.

Il faut néanmoins distinguer trois niveaux d'intérêts économiques chez trois types différents d'acteurs. Bien sûr, comme toute tentative de catégorisation, celle-ci n'est pas parfaite. Les frontières entre les catégories sont poreuses et il y a toujours des exceptions.

Néanmoins, ces distinctions sont globalement valides sur les divers terrains d'observation que j'ai fréquentés lorsque j'étais impliquée dans le domaine de la sélection bovine :

- Les acteurs étatiques ou publics pensent '*intérêt national*', augmentation des productions par la filière dans son ensemble, autosuffisance alimentaire nationale, positionnement du pays sur le marché international. Au Kazakhstan, le programme national de redressement de la filière des productions bovines défini en 2011 au niveau du Ministère de l'agriculture, visait avant tout une amélioration de la compétitivité du pays sur le marché mondial et surtout une augmentation des exportations de viande vers le marché russe.
- Les acteurs associatifs, coopératifs, non-gouvernementaux et souvent les scientifiques du secteur public défendent l'*intérêt social*' et le bien commun en visant les avantages socio-économiques des éleveurs. L'acteur exemplaire en la matière est une ONG indienne – la BAIF (Bharatiya Agro Industries Foundation) – qui se positionne dans le cadre et à contrecourant de la révolution verte. Héritière de l'œuvre de Mahatma Gandhi, la BAIF choisit ses paroles '*not mass production, but production by the masses*' comme devise de sa mission de développement agricole du pays. Au Kenya, ce sont les chercheurs de l'ILRI (International Livestock Research Institute, un des instituts du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale CGIAR) qui s'impliquent dans le programme de sélection au niveau de quelques pays d'Afrique de l'Est en faisant profiter les éleveurs locaux des technologies modernes comme l'évaluation génomique (Brown et al. 2016; Ducrocq et al. 2018).
- Les acteurs privés, aussi bien les entreprises commercialisant la semence produite par les grandes fermes-firmes qui fleurissent dans de nombreux pays émergents, ont leurs propres ambitions de développement économique basé sur l'*intérêt privé*', l'approche individuelle de rentabilité à court terme dans une logique de libre concurrence. Ainsi par exemple, les gros éleveurs dans les pays comme l'Afrique du Sud, le Brésil ou le Kazakhstan gèrent leurs fermes comme des entreprises, s'impliquent difficilement dans des programmes nationaux, décident individuellement de leurs orientations de développement et mettent en place leurs propres schémas de sélection.

Cette configuration d'acteurs et leurs intérêts et demandes est co-construite avec les stratégies économiques des pays développés. Les entreprises de production et de commercialisation de semence proposent un large choix de ressources génétiques évaluées selon différentes échelles nationales en passant ou non par l'espace de commensuration d'Interbull. Un représentant de l'industrie américaine me le confirme :

“For semen, the AI companies will give the information the customer wants. In some countries, customers want TPI because they try to breed cattle through the high TPI and so they want to sort on TPI. In other countries they may want to breed for the national ranking. And in that case we would use the Interbull index which is the MACE value.” (entretien MF)

La concurrence marchande libre est souvent privilégiée, même si chaque entreprise/vendeur propose des arguments objectivés par la science pour promouvoir telle ou telle génétique. Telle est la position d'un des représentants de l'entreprise néerlandaise CRV en Afrique du Sud :

“I'm working hard. And they [scientists] cannot improve reliability! We sell TMR bulls for TMR system and pasture bulls for pasture system. That's scientifically enough.” (entretien RD)

Certaines entreprises de semence proposent sur le marché international des doses produites dans leur pays, accompagnées de la valeur du taureau établie selon leur échelle nationale. D'autres font un pas commercial vers le pays ciblé et s'y installent en élevant localement des animaux reproducteurs. Mais ils gardent néanmoins leur échelle nationale d'évaluation ou celle des États-Unis. C'est notamment le cas du CRV qui développe cette stratégie de 'glocalisation' de ses productions de semence au Brésil et en Afrique du Sud. En localisant physiquement les animaux, on leur donne toujours une valeur 'délocalisée', définie et calculée ailleurs.

(Re)connu presque partout, l'index (G)TPITM reste omniprésent dans les catalogues des entreprises commercialisant des ressources génétiques bovines. Les entreprises dans le monde entier sont prêtes à payer pour faire évaluer leurs reproducteurs selon ce standard américain, car c'est celui qui se vend le mieux et fait vendre le plus sur le marché international. Ce qui indigné certains généticiens, c'est que l'évaluation sur l'échelle TPITM étant payante, les

entreprises américaines doublent leur gain en commercialisant d'une part la ressource génétique chez les importateurs et d'autre part l'évaluation chez d'autres exportateurs. Les États-Unis arrivent ainsi à payer leurs programmes de sélection presque entièrement grâce à leurs revenus à l'export et aux évaluations produites, tandis que notamment en Europe les éleveurs sont obligés de contribuer financièrement aux programmes nationaux de sélection. Mais la tension entre cet index hégémonique et les autres n'est pas seulement une affaire de marketing plus ou moins bien mené. Elle est révélatrice d'autres tensions qui se sont accumulées dans l'histoire de la sélection bovine depuis au moins deux siècles, comme je l'ai montré dans mes précédents chapitres : la disparition de l'ancrage territorial, la consanguinité critique, la crise de confiance dans le marché de la semence bovine 'libéré' de sa régulation étatique, les tensions idéologiques entre l'Amérique et l'Europe et entre les logiques scientifique et marchande.

Les généticiens, conscients de ces problèmes, continuent alors à promouvoir des idées alternatives à celles du marché néolibéral portant notamment sur la nécessité de le réguler par des outils d'évaluation génétique et génomique. Héritières du projet d'Interbull, les intentions des généticiens qui s'impliquent sur le terrain des pays en développement vont dans le sens de ces acteurs locaux qui ont des ambitions pour leur système de sélection national ou régional et optent pour la mise en place de leur propre évaluation génomique. Ils soutiennent ainsi l'idée de la diversité des valeurs accordées à la vache selon les milieux. L'importance du lien entre la valeur génétique de l'animal et le milieu qui va au-delà du système technologique de production appelle ces acteurs à intégrer la notion d'*interactions génotype-milieu (G*E)* dans les stratégies locales de sélection en mettant en place des systèmes d'évaluation *ad hoc*.

C'est dans ce paysage hétérogène où se croisent différents intérêts d'acteurs que prend place l'innovation génomique.

5.1.2. Les enjeux technologiques : la sélection génomique comme technologie sociale

Certains pays émergents considèrent l'accès à la génomique dans l'agriculture comme un facteur de croissance capable de les mettre sur un pied d'égalité avec les pays les plus développés. Mais la compréhension de ce qu'est la sélection génomique est très variable parmi les acteurs des différents pays que j'ai pu rencontrer.

Les ressources scientifiques et technologiques en possession d'un pays et sa capacité à investir dans l'innovation font partie des indicateurs du développement. Mais très souvent, notamment parmi les pays à forte croissance économique (par exemple, les BRICS : Brésil,

Russie, Inde, Chine, Afrique du Sud), on note un net contraste entre un fort développement technologique dans les secteurs industriels, IT et financier d'un côté, et un développement très faible dans l'agriculture. Les hautes technologies appliquées à l'agriculture sont les parents pauvres de la politique d'innovation de ces pays. Ou bien elles sont réservées aux agriculteurs riches et politiquement puissants qui n'ont besoin ni de l'état ni de la recherche publique pour se les procurer à l'étranger. Une telle situation est assez flagrante notamment au Kazakhstan où les patrons des grandes fermes (anciennes fermes d'état privatisées après la chute de l'Union Soviétique) font venir des 'usines clés en main' des États-Unis ou du Canada : des troupeaux de plusieurs milliers de vaches laitières ou allaitantes, tout l'équipement technologique nécessaire, des aliments concentrés et jusqu'au manager pour faire fonctionner tout cela sur d'immenses terrains au milieu des steppes (Fig. 73).

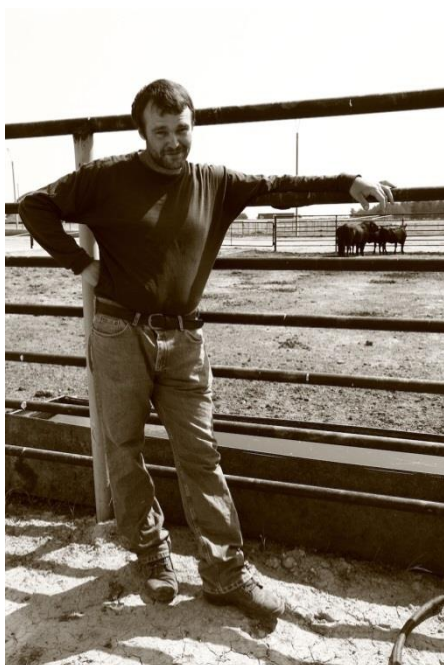


Fig. 73 Ben, un éleveur d'origine canadienne a choisi comme métier 'manager de ferme à l'export'. Il circule d'un pays en développement à un autre pour des contrats allant de trois à sept ans. Ici au Kazakhstan pour cinq ans (photo prise en 2012), il dirige une ferme de bovins allaitants achetée clé en main au Canada.

Compte tenu de la fascination générale dans les pays émergents devant les hautes technologies, l'évaluation génomique appliquée à l'élevage ne fait rêver les agences d'innovation que par ses implications biotechnologiques. La sélection génomique est ainsi vite réduite dans l'imaginaire des acteurs à la technique de séquençage ou de génotypage effectuée avec un équipement *ad hoc* (Fig. 74). Une vision souvent trop optimiste quant à la facilité et à la rapidité de sa mise en place au niveau national, omet les exigences de structuration sociale du secteur de l'élevage et la coopération rapprochée entre la recherche et les éleveurs qu'exige cet appareillage technique.



Fig. 74 « iScan » est un appareil de génotypage à haut débit proposé par Illumina.

Source : www.illumina.com, consulté le 24/04/2020

Pourquoi une telle réduction ? Dans ces recherches cultes sur la diffusion des innovations, Everett M. Rogers a constaté que « le processus de diffusion dans les pays en développement est généralement similaire à celui des pays plus riches et plus industrialisés de l’Euro-Amérique » (Rogers 2003, p. 131). Au premier regard, cela paraît être aussi le cas dans notre domaine. Le processus de diffusion est lié, selon Rogers, à des voies de communication sur les innovations (dont les publications scientifiques) auprès des adoptants potentiels. Dans le paragraphe 2.2.2 du deuxième chapitre j’ai montré combien la publication de Larry Schaeffer (2006) « Strategy for applying genome-wide selection in dairy cattle » est emblématique en matière de la construction de la promesse technologique. Parmi de nombreuses promesses, une en particulier a été retenue par les acteurs économiques : l’arrêt du testage des taureaux sur descendance. L’autosuffisance de l’analyse génomique dans le processus de sélection aurait permis de réduire considérablement les coûts liés au contrôle de performances. Selon World of Science et Google Scholar, ce texte a été abondamment consulté pendant la période de la mise en place de la sélection génomique dans quelques pays développés (2008-2009). L’article a connu un second souffle à partir du 2017 lorsque les pays en développement ont commencé leurs démarches vers la sélection génomique et ont eu besoin de justifier leurs dépenses auprès des acteurs locaux et des organismes de financement nationaux et internationaux. Les promesses de la réduction des coûts pour une fiabilité égale des évaluations, ainsi que de la simplicité et de la rapidité d’opérationnalisation et d’utilisation sont alors devenues des arguments essentiels pour diffuser l’innovation génomique que ce soit dans les pays développés ou dans les pays en développement. Les spécialistes des pays développés annoncent clairement que la mise en œuvre de la sélection

génomique dans les pays en développement est plus simple que le déploiement du testage des taureaux sur descendance :

”Genomic selection although it is a high tech is actually easier to implement. As far as extending the technologies in the developing countries I think, we need quite a big change in the way we think about doing things. You could imagine a rather simple system. For genomic selection you need a reference population. You could have an aid project funding your reference population. It doesn't have to go forever, doesn't have to involve the whole country. So you fund the reference population, you develop prediction correlations. And then you just go to village and take the DNA sample from all the bull calves, genotype them, predict which one is good and go back and castrate all of them except the best ones. And the village doesn't have to do anything very much. They have to collect bull calves together and get their samples. But that's not very hard. So you can imagine that the system could work.” (entretien MG)

C'est là qu'un problème apparaît dans la prise en compte des différences entre les pays développés et les pays en développement vis-à-vis d'une technologie telle que la sélection génomique. Très peu des nouveaux promoteurs de la génomique qui se réfèrent à la « stratégie d'application » de Larry Schaeffer dans les pays en développement, ont conscience que la technologie telle qu'explicitée dans la publication s'adresse à des entreprises de sélection intégrées dans les systèmes de sélection anciens, bien rodés et surtout fondées sur un principe coopératif, notamment en ce qui concerne le contrôle des performances et la gestion des bases de données. Lorsque les démarches sont entreprises à partir de rien, la sélection génomique se présente finalement aux acteurs locaux comme une technologie bien plus complexe que la technique du génotypage et sa mise en place bien plus longue que l'achat de l'équipement biotechnologique. Même en changeant la « façon de penser les choses », comme suggérait mon interlocuteur MG, la mise en œuvre des outils génomiques dans les pays en développement reste une affaire compliquée (Ducrocq et al. 2018). Lorsque les adoptants potentiels réalisent cela, beaucoup abandonnent leurs projets, faute de moyens financiers, de connaissances, de vision à long terme et/ou de volonté d'investir dans le développement humain et social nécessaire au développement technologique, pour établir toute la chaîne d'évaluation des conventions de mesure au calcul des index.

Telle était notamment la situation au Kazakhstan où le projet a été abandonné au bout de quatre années pendant lesquelles le génotypage de 3000 animaux a été effectué, sans que le

problème de l'identification et du contrôle de performance de ces animaux ait été résolu et la population de référence locale ait pu être créée. Tel est le cas de l'Afrique du Sud où il est devenu plus facile de demander de l'aide à la communauté internationale pour constituer une population de référence suffisante à l'évaluation génomique que de la constituer localement. Et ce non par manque d'animaux dans l'absolu, mais faute d'une organisation du secteur de l'élevage conforme aux exigences d'enregistrement de données phénotypiques précises et homogènes. En effet, beaucoup de producteurs ne peuvent pas ou simplement ne souhaitent pas participer au dispositif de sélection commun « pour en faire profiter l'État qui ne leur accorde aucune aide »⁹³.

L'Inde fait à ce titre contraste avec sa volonté d'organiser les éleveurs dans un réseau commun. La BAIF mène sur le terrain un travail minutieux auprès des micro-producteurs (qui représentent une majorité écrasante dans le paysage de l'élevage indien) pour recueillir suffisamment de données et *in fine* les inclure dans le dispositif de sélection génomique nationale. En parallèle, le National Dairy Development Board (NDDB) et ICAR (Indian Council for Agricultural Research), chacun de son côté, sont en train de génotyper les animaux et travaillent au développement de puces génomiques spécifiques aux zébus et aux races croisées utilisées largement dans les milieux tropicaux. Toutes les autres hautes technologies pour augmenter les productions laitières sont également bienvenues au pays de la vache sacrée. Parmi elles, les smartphones avec des applications ad hoc reliées à la base de données centralisée pour un recueil automatisé de phénotypes par les paysans ou encore la technologie de sexage de la semence toujours en partenariat avec la Fondation Bill and Melinda Gates et l'entreprise américaine Sexing Technology.

La sélection génomique est en effet loin d'être la seule technologie capable d'améliorer les productions bovines dans les pays en développement. Pourquoi alors elle suscite tant de discussions et de projets ? Nécessitant une organisation coopérative entre les différents niveaux d'acteurs et capable d'améliorer les productions à l'échelle large, elle se présente porteuse d'un certain type de valeur collective appropriée souvent au niveau national : le développement social du secteur de l'élevage. L'innovation génomique se montre bien plus sociale dans les pays en développement qu'elle ne nous est apparue dans les pays développés. Dans ces pays à l'élevage 'moderne', la génomique s'est posée sur le socle historique ancien de la sélection fondée sur les liens de coopération entre acteurs. Des bases de données fiables et bien gérées étaient déjà là pour que la technologie de génotypage puisse apporter

⁹³ Verbatim type entendu à plusieurs reprises en Afrique du Sud.

rapidement ses avantages et pour finalement s'affranchir des liens sociaux sur le terrain en les transférant vers une sphère de valeurs numériques bien plus utiles aux « politiques des grands nombres » et au marché global (Desrosières 2010; Porter 1995a). Dans les pays en développement, les liens sociaux sont d'abord à construire au niveau local, mais l'espace global déjà constitué contribue souvent à ignorer cette étape cruciale.

5.1.3. Les enjeux politiques : le biopouvoir des vaches

En incluant une perspective de développement social dans la mise en œuvre de la sélection génomique, l'exemple indien nous rappelle l'importance des conventions sociales inhérentes à tout processus de quantification (Desrosières 2014). La fondation BAIF participe à la construction d'une telle convention au niveau national en couvrant 16 régions (sur 28) et en touchant cinq millions de petits producteurs indiens pour recueillir des données fiables et produire une évaluation génétique/génomique adaptée aux besoins locaux. Son objectif, comme en témoigne sa devise déjà citée, est de développer une production par les masses et non une production de masse. La dualité du paysage social des productions bovines est en effet très forte en Inde comme dans les pays émergents en général. Mais, comparée à d'autres partenaires de GENOSOUTH⁹⁴, la situation y paraît vraiment extrême avec une répartition des productions de 99 % pour les petites fermes et l'agriculture de subsistance et seulement 1% pour les grandes fermes-firmes. Si la mission de la BAIF est reconnue et soutenue (ou du moins pas empêchée) par l'État indien, c'est qu'elle répond à ses ambitions politiques qui se situent entre le protectionnisme national et l'affichage d'une image à l'international. En soutenant les petits producteurs, l'Inde fait plutôt exception dans les pays émergents où la priorité est souvent donnée à l'appui économique des grands producteurs.

Les vaches indiennes considérées comme animaux sacrés, qui produisent aussi du lait, sont adaptées à des conditions tropicales. Elles représentent donc des ressources génétiques précieuses pour l'élevage dans les pays du Sud. Extrêmement fier de ses races indigènes, l'État indien les protège d'un côté en rendant les conditions d'exportation des races locales et d'importation des races exotiques extrêmement complexes. Le Brésil, par exemple, qui a importé il y a plusieurs décennies les races indiennes Gir, Sahiwal et Ongole pour créer des races locales plus productives, n'a plus accès aux apports en génétique en provenance de l'Inde. Ainsi la race Girolando, issue du croisement de la Gir et de la Holstein et devenue la

⁹⁴ La répartition type des productions en Afrique du Sud et au Brésil, par exemple, est de près de 80% pour les petits éleveurs et 20% pour les grandes fermes-firmes. Au Kazakhstan elle est de 90% vs 10% environ.

race laitière majoritaire au Brésil, souffre d'une variabilité génétique faible compte tenu d'un nombre limité d'individus initialement importés et de l'impossibilité d'injecter du 'sang neuf' de la race Gir en provenance de son pays d'origine. L'Inde a bloqué également l'importation de ces races améliorées sur son territoire. Dans le cadre de cette politique protectionniste, le gouvernement indien au travers des organismes nationaux de recherche investit dans la caractérisation de la moindre différence au sein des populations bovines pour en faire une nouvelle race⁹⁵ et l'inclure dans le patrimoine génétique et culturel national. D'un autre côté, le gouvernement indien promeut ses races à l'étranger. En témoigne un acte de la diplomatie bovine du 2018, lorsque le Premier Ministre indien Narendra Damodardas Modi a offert 200 têtes de vaches à son homologue de Rwanda comme 'symbole d'amitié entre deux peuples' et en guise d'aide humanitaire aux paysans pauvres du pays, comme le rapporte la revue indienne Dhaka Tribune⁹⁶. Cela questionne la stratégie indienne à moyen et long termes sur le marché international des ressources génétiques bovines. Le positionnement potentiel du pays comme 'hub' de la génétique bovine tropicale est tout à fait plausible. Les projets actuels de développement des puces génomiques portés par les organismes d'État – le NDDB et l'ICAR – ont pour l'instant vocation à servir le marché interne. Mais une fois que la puce customisée sera scientifiquement et technologiquement validée et contiendra les marqueurs moléculaires utiles et utilisables pour les races locales, pures et croisées, adaptées aux conditions de l'agriculture tropicale, l'Inde pourra la commercialiser à l'international et devenir exportateur des ressources génétiques vers les pays tropicaux.

Le Kazakhstan nous donne un autre exemple de diplomatie (bio)politique. L'ambition de développer la génétique bovine a été inscrite dans la construction identitaire nationale de ce pays devenu indépendant de l'Union Soviétique à la fin du XXe siècle. Le Programme national du développement des productions bovines avançait entre autres un argument relevant de la construction d'un imaginaire collectif commun : les peuples du Kazakhstan sont des éleveurs traditionnels et l'art de l'élevage est inscrit dans leur mémoire ethnique (Министерство Сельского Хозяйства РК 2011).

En Afrique du Sud, en lançant en 2016 le projet national de la sélection génomique des bovins laitiers (DGP pour Dairy Genomic Project), les scientifiques avaient pour objectif de réunir les éleveurs autour d'un projet commun et d'améliorer collectivement le positionnement économique du pays dans le domaine des productions laitières. Cela n'a pas

⁹⁵ L'Inde possède actuellement de plus de 40 races de bovins.

⁹⁶ <https://www.dhakatribune.com/feature/2018/07/25/cattle-diplomacy-narendra-modi-donates-200-cows-to-rwanda> (consulté le 15/04/2020)

été dit explicitement, mais on pouvait lire entre les lignes des discussions entre acteurs que, dans la situation politique post-apartheid, il s'agissait aussi de réunir les éleveurs majoritairement blancs issus des immigrations européennes pour réaffirmer leur place dans un pays en pleine crise raciale rejetant les acquis du passé occidental.

En fonction de sa situation, de ses ambitions et de ses traditions, chaque pays mobilise ainsi les vaches et les technologies qui les accompagnent parmi les symboles et vecteurs politiques de ses intérêts dans le monde globalisé. La 'diplomatie bovine' a en effet bien élargi sa définition et sa portée dans ce monde gouverné de plus en plus par le 'biopouvoir', notion conceptualisée par le philosophe Michel Foucault (2004) qui lui donne le sens des techniques de pouvoir exercé sur les processus biologiques affectant la vie des corps individuels et des populations. Utilisées plus souvent pour penser les mécanismes régulateurs de la société humaine, les notions de biopouvoir et de biopolitique s'appliquent tout autant aux mondes biologiques non-humains sur lesquels les humains agissent dans leur quête de contrôle des processus de la vie toute entière (Novek 2005).

4.1.4. Un 'petit' enjeu biologique. La poursuite du 'combat' des généticiens

Quid de la vache comme organisme vivant ? Comment sa nature biologique se manifeste-t-elle dans ces jeux politico-économiques des puissances mondiales ? Comme je l'ai montré dans le chapitre 2, elle reste bien présente malgré toutes les tentatives de réduire l'animal à une série de chiffres et de l'extraire de son milieu, que ce soit physiquement ou au niveau du calcul de sa valeur. Il faut juste savoir y porter son regard. Elle se manifeste lorsque le bétail importé de l'extérieur ne s'adapte pas et tombe malade ou meurt, ou simplement ne produit pas beaucoup ou nécessite un environnement artificiel proche de celui des pays exportateurs. Elle se manifeste lorsque les prédictions de l'amélioration génétique annoncées dans les index ne se réalisent pas. Elle se manifeste lorsque les éleveurs perdent confiance en la génétique vendue par un pays ou une entreprise de semence et changent de fournisseurs. Elle se manifeste lorsqu'un manager de troupeaux laitiers d'une ferme-holding au Kazakhstan m'appelle sur mon téléphone portable un an après la visite de la délégation scientifique de l'INRAE et me demande, désespéré, ce qu'il doit faire car les vaches achetées au Canada et évaluées en France ne répondent pas aux attentes du patron en termes de production. Elle se manifeste aussi et surtout lorsque les généticiens, au terme de savants calculs, se rendent compte une fois de plus de l'importance de l'effet d'*interaction génotype-milieu* dans la performance des animaux. Ainsi, en Afrique du Sud, comme nous le verrons plus en détail

dans le dernier chapitre, l'enjeu pour les généticiens est de modifier la méthode d'évaluation génétique actuelle en y intégrant cette notion d'*interaction génotype-milieu*. Etant donné que les systèmes d'élevage au sein de ce même pays sont très contrastés - TMR et pâturage -, ils font l'hypothèse que les prédictions calculées indifféremment pour différents types de vaches et différents besoins d'éleveurs ne passent pas l'épreuve du terrain et conduisent les utilisateurs à perdre confiance dans le système d'évaluation local. Ce qui les incite, d'après les scientifiques, à acheter la génétique ailleurs, conduisant à la disparition de l'industrie locale de la sélection.

Les pays en développement étant très sensibles aux questions de biodiversité et de préservation des ressources biologiques locales, ils prennent souvent eux-mêmes des initiatives, notamment en recherche, pour faire avancer ces questions en matière de la sélection bovine. En 2018, au Congrès mondial de génétique appliquée aux productions bovines (WCGALP pour World Congress on Genetics Applied to Livestock Production) plusieurs chercheurs de pays en développement sont venus présenter leurs projets sur ces enjeux d'importance. Parmi eux, un chercheur de l'Université de Zambie a été fier de me montrer son poster électronique sur la diversité génétique des bovins indigènes (Fig. 75). Il m'a confié son inquiétude sur la globalisation des races très productives et sur la menace qu'elles représentent pour les races locales en Afrique. D'où l'importance, dit-il, pour les pays africains d'avoir leurs propres programmes de sélection et de mettre en avant la diversité génétique de leurs races et la capacité des animaux à s'adapter à des conditions extrêmes. Il cherchait aussi des partenariats avec des scientifiques des pays développés pour l'aider à légitimer ces recherches au niveau mondial. Il m'a fait part du projet partenarial de sélection génomique entre Zambie et Malawi, visant à créer une population de référence commune transfrontalière.



Fig. 75 Ellison Msimuko, chercheur de l'Université de Zambie, devant son poster électronique au Congrès mondial de la génomique appliquée aux productions animales (WCGALP 2018). Il présente son projet sur la diversité génétique des races bovines indigènes

Les généticiens des pays développés - et surtout européens - après avoir perdu leur pouvoir de décision dans l'espace génomique occidental, continuent ainsi leur 'croisade' dans les pays en développement, en se faisant les avocats de la nature biologique des animaux dont l'unité avec le milieu constitue un facteur fort de différenciation de leurs valeurs génétiques et génomiques selon les contextes. Ils continuent à se positionner contre la sélection globale standardisante régie par les lois du marché néolibéral et à défendre l'idée d'une nécessaire préservation de la diversité pour la pérennité de la sélection bovine. Ils essaient de convaincre les acteurs des pays en développement en faisant avancer des agendas de recherche *ad hoc* sur leur terrain. Comment étendent-ils leur influence et quels moyens utilisent-ils pour se faire entendre ? Pour répondre à ces questions, je propose d'analyser le cas du projet GENOSOUTH en le mettant dans une perspective de ce qui a été souligné dans cette section : il existe une diversité importante d'acteurs qui ne sont pas tous d'accord sur les enjeux et sur les stratégies à déployer en termes du développement de la sélection et des technologies d'évaluation.

5.2. GENOSOUTH. La diplomatie scientifique pour la sélection bovine dans les pays émergents

En 2012, trois ans après la 'révolution' génomique dans quelques pays occidentaux, VD, généticien de l'INRAE, initie un projet de recherche sur la sélection génomique bovine en collaboration avec des pays dits 'du Sud'. Ce projet intitulé GENOSOUTH vise à étendre et à diversifier le réseau de coopération scientifique dans le domaine de la génomique vers les

pays en développement d'une manière ou d'une autre exclus de l'espace global des interactions scientifiques et marchandes tenu par les pays développés, auquel j'ai dédié la seconde partie de cette thèse. Ma décision de commencer les recherches par une enquête sur Interbull et de manière plus générale sur l'organisation internationale 'préexistante' au début de ma thèse, n'était donc pas un hasard, mais bien une idée issue du projet GENOSOUTH. VD, comme plusieurs autres chercheurs généticiens porteurs de projets similaires au niveau international, est lui-même très impliqué dans les actions d'Interbull et d'Eurogenomics. Cela rappelle et confirme l'idée énoncée dans le chapitre précédent (paragraphe 4.1.2) : la 'profession globale' (Fourcade 2006) de généticien quantitatif spécialiste d'évaluation génétique assure une continuité dans l'extension du réseau de sélection bovine. La diplomatie en est le complément : elle donne à la profession une mission de 'soft power', de persuasion, de vecteur de certaines idées et valeurs à l'international. Les circulations professionnelles, outre leur rôle dans la continuité du réseau, sont porteuses de visions de l'ordre futur de la sélection globale. Plus ou moins différenciées entre les scientifiques et les industriels, entre les imaginaires Européens et Nord-américains, comme nous l'avons vu précédemment, ces visions se construisent en lien avec les intérêts nationaux, se croisent dans l'espace international et prennent des formes variées tantôt en divergeant, tantôt en convergeant. Les pays en développement, en tant que nouveaux acteurs, y apportent la diversité de leurs situations, de leurs milieux et également de leurs visions souveraines ancrées dans ce que Jasanoff et Kim (2015) appellent les 'imaginaires sociotechniques'. Sous-jacente à la volonté d'établir un ordre global de la sélection bovine, la question de la place du milieu dans la définition de la valeur de l'animal commercialisé sur le marché mondial prend alors une envergure plus large et appelle à des réponses certainement plus nuancées. Le chapitre précédent met en lumière cette problématique apparue dans les relations marchandes entre les pays développés dont les agencements nationaux de la sélection sont certes différents mais possèdent néanmoins des similarités importantes : systèmes de production intensifs, climats tempérés, habitudes alimentaires, niveau des connaissances élevé porté par la recherche publique. La question du milieu s'est manifestée par des tensions entre les acteurs scientifiques animés par l'idée de la diversité nécessaire à la poursuite de l'activité de sélection, et les acteurs économiques dont les objectifs tiennent à la standardisation industrielle des produits et à la libre concurrence marchande. Les premiers sont proches des valeurs historiquement véhiculées dans l'espace européen constitué par des États-Nations et unis dans leur diversité. Les seconds sont plus proches de l'idéologie néolibérale portée par les États-Unis en tant qu'acteur hégémonique dans l'espace économique mondial. Alors que

les décisions stratégiques ne sont plus entre les mains des élites scientifiques des pays développés, que les acteurs économiques se sont appropriés les technologies d'évaluation, avec leurs propres bases de données et des centres de calcul, comment cette problématique se manifeste-t-elle sur le terrain des pays en développement ?

L'exemple du projet GENOSOUTH permet de montrer que les généticiens quantitatifs continuent à faire avancer leurs idées sur une certaine forme d'organisation mondiale de la sélection bovine. Soutenue par des intérêts politiques nationaux, cette mission va bien au-delà du simple partage des connaissances scientifiques avec leurs pairs. Dans cette section, j'argumente sur la nature 'diplomatique' du projet GENOSOUTH. Après l'avoir présenté en tant que projet de *diplomatie scientifique* selon la définition de Pierre-Bruno Ruffini (2019), je propose de le suivre sur ses divers terrains pour voir comment il s'inscrit dans des contextes façonnés par différents acteurs porteurs des intérêts identifiés dans la section précédente.

5.2.1. « Aider les pays en développement à mettre en place leurs propres équations [d'évaluation bovine] »⁹⁷ : coopération et/ou diplomatie scientifique ?

A première vue, une telle mission pourrait relever de la recherche pour le développement et faire partie des compétences des acteurs investis dans des organisations internationales œuvrant pour ce développement. En France, elle pourrait relever des compétences du CIRAD (Centre International de la Recherche Agronomique pour le Développement). Mais historiquement, la sélection génétique/génomique en France est une compétence de l'INRAE, elle relève de la recherche scientifique qui, jusqu'à aujourd'hui, est restée, dans toute la complexité dont nous en avons eu un aperçu dans les chapitres précédents, le fait des pays dits développés. En effet, au niveau de l'organisation internationale de la recherche agronomique pour le développement sous l'égide du CGIAR (Consultative Group for International Agricultural Research), c'est l'ILRI (International Livestock Research Institute) basé au Kenya qui se charge de cette mission, mais toujours en impliquant des généticiens des pays développés porteurs du savoir et du savoir-faire en matière des technologies d'évaluation génétique et génomique. Plutôt que de me demander qui devrait s'occuper à transmettre ce savoir-faire vers les pays en développement, je préfère, dans la continuité de ma narration sur la globalisation de la vache, éclairer les questions suivantes : comment cette technologie en pleine expansion participe-t-elle à la globalisation de la vache ? Comment les vaches et les

⁹⁷ Cette citation traduite de l'anglais par moi-même est extraite de la réponse à l'appel à projets du Métaprogramme SelGen de l'INRAE auquel le projet GENOSOUTH a été déposé en 2012.

taureaux dont les gènes circulent autour du monde, se retrouvent-ils porteurs non seulement des technologies et des valeurs économiques que ces technologies permettent de calculer, mais aussi des différents types de valeurs et de stratégies politiques ? Pris d'assaut par les acteurs des pays développés pour y porter leur influence économique et politique, le terrain des pays en développement est très propice pour observer cette diplomatie bovine. La coopération scientifique y tient toute sa place.

On a longtemps considéré que les scientifiques, dans leurs relations de coopération avec leurs collègues du monde entier, portaient les valeurs mertonniennes d'universalisme, de désintéressement et de communalisme (Merton 1974) d'une science sans frontières, faite d'échanges désintéressés de savoirs et de méthodes. La recherche en STS a pourtant abondamment démontré que tout savoir est situé, que la science n'est ni apolitique ni 'a-économique' et que la réalité des pratiques scientifiques est loin de l'idéal de la science pure, même si cet idéal justifie l'honorabilité et la nécessité sociale des pratiques scientifiques, surtout face à la domination de l'ordre marchand (néo)libéral (Callon 1994; Moore et al. 2011). Les idéaux de la science mertonienne ont traditionnellement été utilisés par la diplomatie pour notamment apaiser les conflits entre états. La science « pour la diplomatie » porte les intérêts et les valeurs nationales à l'étranger. La « diplomatie pour la science » déploie des actions de politique étrangère qui facilitent les liens entre les scientifiques. La « science dans la diplomatie » rend compte de l'indispensable présence de l'expertise scientifique dans les accords internationaux concernant les problèmes globaux comme le climat, les épidémies, les pesticides, etc. (Ruffini 2019). Au-delà de ces trois axes, il faut noter que les notions de *diplomatie scientifique* et de *coopération scientifique* ne se contredisent pas et sont même très liées. Comment cela se manifeste-t-il dans un projet concret de coopération scientifique comme GENOSOUTH, dans un domaine de science dite 'appliquée' et 'impliquée', c'est-à-dire existant par et pour un secteur économique précis et répondant à ses problématiques précises ? La portée de ce projet de génétique quantitative appliquée à l'amélioration des productions bovines doit être mise en perspective non seulement des intérêts scientifiques et politiques mais également des intérêts économiques des différents types d'acteurs.

Les projets en quête de financement doivent respecter certaines règles et normes relatives aux priorités thématiques, aux applications envisagées, à la portée des résultats, aux types de partenariats, etc. Derrière ces exigences énoncées par les financeurs, il y a des priorités politiques et économiques, privées ou publiques, nationales ou internationales. Ainsi, en

s'engageant à promouvoir lesdites priorités à l'étranger, la coopération scientifique s'éloigne-t-elle dans les faits de l'idéal de désintéressement, d'universalisme et de communalisme.

Le projet GENOSOUTH a été déposé pour un financement dans le cadre du Métaprogramme de l'INRAE intitulé SelGen (Sélection Génomique). Il a connu deux 'éditions' en 2012-2014 et en 2015-2017. Le système de Métaprogrammes se veut être un « nouveau mode de pilotage des recherches » (INRA 2014) que l'INRAE a inscrit dans son fonctionnement institutionnel en 2010. Outre les approches systémiques et intégrées, les principes de transdisciplinarité et de co-construction des projets avec les partenaires, les Métaprogrammes promeuvent les priorités nationales de la recherche validées par les tutelles de l'INRAE (le Ministère de la recherche et de l'enseignement supérieur et le Ministère de l'agriculture), ainsi que les partenariats internationaux choisis et validés institutionnellement selon ces priorités. Ainsi, la réponse de GENOSOUTH à l'appel à projets contient certes des éléments formels de conformité aux exigences du Métaprogramme SelGen, mais marque également son engagement envers les intérêts de l'Institut et donc de la France à l'étranger :

- « améliorer la visibilité de l'INRAE et de son Département Génétique Animale comme lieu de production des recherches de haut niveau en génomique animale » ;
- « améliorer l'expertise de l'INRAE et de son Département Génétique Animale en sélection génétique et génomique dans de nouveaux environnements et contextes » ;
- « aligner nos recherches avec les objectifs globaux » ;
- et enfin « soutenir l'industrie bovine française face au concurrents commercialement plus agressif ».⁹⁸

Ce dernier point répond à la conception de la diplomatie scientifique comme 'soft power' s'opposant au 'hard power' économique déployé par des acteurs commerciaux des pays exportateurs de génétique bovine.

Positionnant son projet sur les pays en développement, VD prend comme point de référence l'espace génomique formé par les pays développés – Interbull, les consortia Eurogenomics et Intergenomics – dans lequel la France avec son expertise scientifique et technique occupe une place de premier rang. Il motive son choix d'« aider les pays en développement à mettre en place leurs propres équations [d'évaluation bovine] » par une

⁹⁸ Ici et plus loin dans cette section (sauf indication spécifique), les citations proviennent des documents de la réponse à l'appel à projets du Métaprogramme SelGen rédigés respectivement en 2012 et en 2015 par VD en tant que porteur du projet GENOSOUTH.

possibilité ainsi ouverte de « comparer objectivement la génétique française (animaux et semences) avec celle des concurrents commercialement plus agressifs dans des conditions des pays importateurs ». Autrement dit, le recours local aux méthodes d'évaluation génétique/génomique sert d'outil de preuve (Desrosières 2014) dans une relation de concurrence économique. Sans être nommés explicitement, les « concurrents commercialement plus agressifs » sont reconnaissables dans le contexte : il s'agit avant tout des entreprises de semence nord-américaines. GENOSOUTH poursuivrait donc les idées portées par les généticiens français et européens dans Interbull, en les replaçant dans le paradigme technologique actuel de la génomique :

“For years, developed countries have relied on Interbull evaluations to obtain international bull rankings for their own environments, accounting for genotype x environment interactions. [...] Now, genomic selection creates a completely new situation which can be very positive. [...] Unfortunately, farmers from countries without genomic evaluations do not even have access to the equivalent of an Interbull genomic evaluation. As a consequence, imports of young bulls' semen only rely on rankings established in exporting countries in environmental conditions potentially very different from where their progeny will live.”

Dans sa seconde édition, le projet fait également référence au document de la FAO “The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture” (Scherf, Pilling et Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture 2015). Le constat problématique de l'érosion progressive de la diversité génétique intra-race appelle à des actions ad hoc dans lesquelles s'inscrit GENOSOUTH:

*“... strengthening breeding strategies and programmes so as to enable full advantage to be taken of available genetic diversity and ensure that AnGR [animal genetic resources] are **well matched to production environments and to meeting livestock keepers' needs**”⁹⁹*

Souvenons-nous ici du projet expérimental lancé par la FAO en 1975 lors de la holsteinisation massive des populations frisonnes européennes (cf. paragraphe 3.1.1). Ses

⁹⁹ La mise d'une partie du texte en gras dans le texte du projet.

comparaisons entre les différents rameaux de la race Frisonne se présentaient comme des outils permettant aux pays en développement de choisir des ressources génétiques adaptées à leurs situations spécifiques. Une telle continuité dans les idées est importante car elle représente le facteur majeur de la tension entre les logiques scientifique et économique observée dans le temps long sur le terrain de l'amélioration bovine globalisée.

Le choix des pays partenaires du projet GENOSOUTH est également ajusté aux priorités validées par des missions officielles de la direction de l'INRAE ainsi que par les documents institutionnels *ad hoc* tels que Memoranda et Accords de coopération signés au plus haut niveau de hiérarchie de l'institut. Ainsi, plusieurs missions du Vice-président de l'INRAE en charge des relations internationales ont précédé l'ouverture des Méta-programmes, dont quatre dans les pays partenaires de GENOSOUTH : l'Inde, le Brésil, l'Afrique du Sud et le Kazakhstan. La thématique de la sélection génomique bovine y a été validée comme prioritaire pour l'INRAE et les partenaires institutionnels identifiés sur place. En s'inscrivant dans le cadre des Méta-programmes de l'INRAE, le projet GENOSOUTH répond ainsi aux trois axes de définition de la diplomatie scientifique. Adhérant aux priorités nationales et s'engageant à leur promotion à l'étranger, les chercheurs français du projet GENOSOUTH répondaient au premier principe en faisant de '*la science pour la diplomatie*'. Les horizons de recherches portés par les actions diplomatiques des dirigeants de l'INRAE, de ses tutelles ministérielles et des institutions issues des accords bilatéraux gouvernementaux telles que le CEFIPRA (Centre Franco-Indien pour la promotion de la recherche) correspondaient au deuxième principe de '*la diplomatie pour la science*'. Enfin, la continuité de l'engagement du porteur du projet VD en tant qu'expert dans les arènes transnationales formées par Interbull et le consortium Eurogenomics se rattache au principe de la '*science dans la diplomatie*'.

À la logique de coopération, la diplomatie scientifique ajoute des logiques d'attraction et d'influence qu'y voit Ruffini (2019). A la fin de son article, l'auteur pose à juste titre la question suivante : « dans la diplomatie scientifique, n'y a-t-il pas [...] un risque d'instrumentalisation du chercheur ? » (p. 79). La réponse à cette question tient au lien intrinsèque entre diplomatie et coopération scientifique. La notion de coopération scientifique nous rappelle que, quelle que soit la priorité du plus haut niveau institutionnel ou national, restent primordiales les valeurs propres aux chercheurs : l'intérêt scientifique mutuel, les affinités professionnelles et humaines, les croyances et convictions partagées et les principes communs. Sans ces dimensions de la coopération, la diplomatie scientifique échoue. Ainsi, parmi les partenariats, seuls deux des quatre pays du GENOSOUTH – l'Inde et l'Afrique du Sud - ont perduré dans la seconde édition du projet. Les raisons de cet échec partiel sont

multiples, mais une d'elles est sans doute liée au rapport entre coopération et diplomatie scientifique dans le montage du partenariat institutionnel international. Au Brésil, les chercheurs identifiés comme figures clés de la recherche en génomique bovine de l'Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, l'homologue de l'INRAE) lors de la mission officielle, n'ont pas été désignés comme partenaires dans GENOSOUTH. C'est un autre généticien brésilien, une connaissance de longue date de VD avec qui il entretenait des relations de confiance, qui a été choisi. Mais il s'est révélé peu influent et peu soutenu institutionnellement par l'Embrapa, ce qui a contribué à l'arrêt de la coopération avec le Brésil dans le cadre de ce projet. La coopération avec le Kazakhstan ayant été imposée par la direction de l'INRAE, l'équipe française de GENOSOUTH n'a pas eu de contacts scientifiques et personnels préalables avec leurs collègues kazakhstaniens. Aucun lien d'affinité n'a été tissé avant de démarrer la coopération officielle, et celle-ci s'est très vite limitée à une prestation de service de génotypage des animaux et d'analyse des données reçues. L'influence politique a pâti du manque d'intérêt scientifique et de conviction partagée.

Cette conviction, VD l'a réitéré dans l'article qu'il a co-publié en 2018 avec ses partenaires français et indiens (Ducrocq et al. 2018) à l'issue de la seconde édition du projet GENOSOUTH :

« Selection objectives for breeding in developing countries should not be copied from what is applied in temperate countries, even for production systems when environmental conditions can be controlled. [...] Using genomic information, local ruminant populations can be better characterized and compared to selected ones. »

Je propose justement d'examiner maintenant des implications de cette coopération 'diplomatique' de GENOSOUTH dans les différents pays partenaires qui connaissent tous des situations différentes dans le domaine de la sélection bovine, comme le souligne à plusieurs reprises le texte du projet de 2012 et le récapitule dans le tableau présenté en Fig. 76.





		Contrôle de performances	Evaluation génétique nationale	Membre d' Interbull	Evaluation génomique
Afrique du Sud 		Oui	Oui	Oui	Non
Brésil 		Oui	Oui	Non	Non
Inde 		Oui	Non	Non	Non
Kazakhstan 		Non	Non	Non	Non

Fig. 76 Tableau extrait des différentes présentations du projet GENOSOUTH faites par ses participants à des occasions diverses. Nous y trouvons une comparaison des situations des pays partenaires en termes de leur avancement vers la mise en place de la sélection génomique.

5.2.2. Une alliance longue avec un partenaire ad hoc en Inde.

L'Inde est bien connue comme le pays de la vache sacrée. Ses traditions, ses attributs culturels, mais aussi ses problèmes politiques tournent beaucoup autour d'elle. La vache traditionnellement élevée en Inde est issue de la branche *Bos indicus* ou zébu (cf. paragraphe 1.1.1 du premier chapitre), celle qui s'est maintenue dans les pays du Sud en s'adaptant à des conditions climatiques chaudes. Ayant été cantonnée pendant des siècles aux pays en développement, elle n'a pas subi une intensification équivalente à celle de certaines races de l'espèce *Bos taurus* dans les pays dits du Nord. Néanmoins, l'industrialisation de l'agriculture s'est imposée à grands pas dans des pays du Sud à commencer par les révolutions verte¹⁰⁰ et blanche¹⁰¹ à la fin du XXe siècle et avec elles la fameuse milk-machine, la Holstein. Certes, on évoque plus souvent en Inde la révolution verte, qui a concerné avant tout l'intensification des productions végétales. Mais le principe d'hybridation s'est appliqué également aux bovins afin d'augmenter les productions laitières. En Inde, les races occidentales hautement productives ne peuvent pas survivre et produire à la hauteur des attentes à cause d'un climat trop chaud (les températures dans certaines régions peuvent atteindre 50°C), d'une

¹⁰⁰ Il s'agit des politiques de transformation des agricultures des pays en développement en seconde moitié du XXe siècle. Ces politiques étaient fondées sur l'intensification technologique et l'utilisation de variétés de céréales à hauts potentiels de rendements.

¹⁰¹ La 'révolution blanche' est un terme qui désigne le phénomène plus spécifique à l'Inde où en parallèle à l'intensification des productions végétales, la politique d'augmentation de la production laitière a été mise en place.

alimentation ‘pauvre’ (faite de résidus de récoltes avec de fortes variations saisonnières) et de problèmes sanitaires accentués par l’interdiction d’abattage des animaux malades (tuberculose, brucellose, fièvre aphteuse, parasitismes internes (strongles) ou externes (tiques)). Elles sont surtout utilisées pour les croiser avec les races locales telles que Gir (Fig. 77), Sahiwal, Tharparkar. D’un côté, les gènes locaux apportent de la résistance à la chaleur et aux maladies tropicales et de l’autre, les gènes dits ‘exotiques’ de la Holstein (ou de la Jersiaise qui est aussi utilisée à ces fins) augmentent la productivité laitière. La Fondation pour le développement agricole – la BAIF pour Bharatiya Agro Industries Foundation – s’est investie sur ce créneau dans les années 1970 pour aider les petits paysans à améliorer leurs productions laitières (Ducrocq et al. 2018). A partir de génisses importées du Canada et du Danemark, la BAIF a créé localement un noyau génétique de taureaux Holstein et Jersiais et de taureaux croisés de ces races avec des vaches zébus pour produire de la semence et l’utiliser en insémination artificielle. L’Inde est d’ailleurs fière de son réseau d’insémination artificielle bien développé en comparaison avec d’autres pays en développement. On peut suivre dans la presse, presque en direct et état par état, le monitoring des inséminations et des fécondations (Fig. 78)¹⁰². Aujourd’hui, le réseau des centres d’insémination de la BAIF produit plus de 12 millions de doses par an aussi bien de races ‘exotiques’ pures (Holstein et Jersiaise) que de races locales pures et croisées¹⁰³.

Notons qu’en Inde, les productions laitières se partagent à part égale entre bovins et buffles. Ces derniers ne sont pas directement considérés dans le projet GENOSOUTH, mais contribuent à créer un contexte de diversité propre aux pays tropicaux.

La particularité de l’élevage indien, c’est qu’il est dispersé surtout dans les micro-exploitations paysannes qui possèdent en moyenne deux vaches (Fig. 79) et qui assurent 99% des productions laitières. De grands producteurs industriels sont également présents en Inde, mais leur part dans les productions nationales reste très minoritaire (1% seulement).

¹⁰² Un intérêt similaire pour les résultats de l’insémination artificielle était observable en France au début des années 1960 lorsque cette technologie a commencé à s’y répandre activement (Wolkowitsch 1964)

¹⁰³ En Inde, en différence de la France et d’autres pays ayant développé la sélection en race pure uniquement, la commercialisation des ressources génétiques issues des croisements est autorisée et constitue même une part très grande du marché.

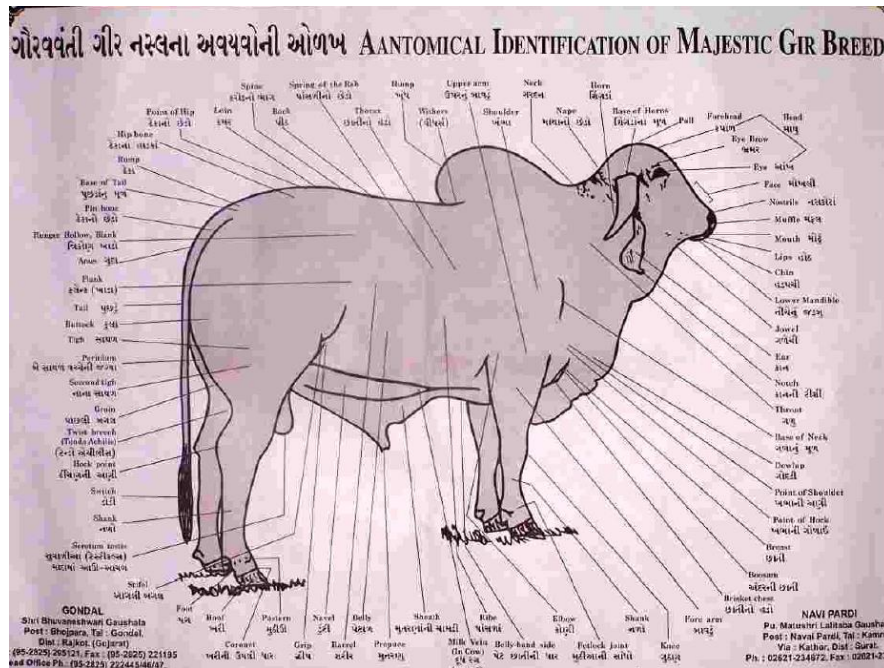


Fig. 77 Le descriptif anatomique détaillé de la race Gir, fierté nationale indienne. Source : (Lassalle et Patry 2007)



Fig. 78 L'article de la revue en ligne The Times of India du 19 janvier 2020 répertorie les résultats de l'insémination artificielle par état. Source : <https://timesofindia.indiatimes.com/city/bhopal/70-cows-are-impregnated-every-hour-through-artificial-insemination-in-madhya-pradesh/articleshow/73387474.cms> (consulté le 06/05/2020)



Fig. 79 Les vaches 'familiales' en Inde. Source : archives personnelles de VD

Face à l'évolution de la demande d'une population grandissante en produits laitiers, des technologies modernes sont les bienvenues pour améliorer les productions. Comme bonus à l'insémination artificielle, la technologie du sexage de la semence est perçue comme une solution miracle à l'optimisation de la production laitière et à la production de veaux femelles, les mâles n'ayant aucune valeur et étant même un fardeau dans ce pays pour des raisons culturelles (puisque l'abattage est interdit). Soutenue par la Fondation américaine Bill et Melinda Gates et portée par l'entreprise américaine Sexing Technology qui détient le monopole en la matière, cette technologie est appréciée en Inde malgré les coûts élevés des doses de semence sexée, comme je l'ai déjà mentionné dans le premier chapitre (cf. le paragraphe 1.3.3). Mais un programme de sélection à grande échelle n'est toujours pas au rendez-vous au pays de la vache sacrée. La BAIF y travaille avec d'autres partenaires, des organisations locales et internationales : la FAO pour l'identification animale ; l'ICAR (Indian Council for Agricultural Research) pour la mise en place d'un contrôle de performances ; le NDDB (National Dairy Development Board) pour dispenser des formations techniques nécessaires ; la Banque Mondiale pour financer l'extension de l'insémination en

accroissant le nombre de centres de production de semences ; la Fondation Bill and Melinda Gates pour le sexage de la semence, etc. Mais la tâche est complexe du fait de la diversité des espèces et des races impliquées, de l'utilisation du croisement, de la multiplicité des petits producteurs et de l'hétérogénéité des conditions climatiques, des conditions d'élevage et des pratiques¹⁰⁴. Le recueil, la centralisation et l'homogénéisation d'informations du contrôle de performances est depuis les années 1990 et jusqu'à présent une étape prioritaire pour la BAIF. VD débute une collaboration avec cette fondation en 2004 pour travailler sur un protocole simplifié de mesures de performances adapté aux petits producteurs. Deux étudiantes du master d'AgroParisTech¹⁰⁵, co-encadrées par VD et le directeur du département de la sélection bovine en Inde puis Vice-Président de la BAIF, effectuent sur place en 2007 une étude socio-économique des pratiques d'élevage de deux races locales. Les conclusions de cette étude, questionnaire détaillé à l'appui, vont tout à fait dans le sens de la mise en place d'un programme de sélection spécifique aux races locales indiennes pour écarter le risque qu'elles disparaissent absorbées par les races productives venues des pays du Nord (Lassale et Patry 2007) :

“There is general concern that the genetic variation within the few domestic animal species is decreasing quickly due to breed substitution and crossbreeding. Nevertheless, these indigenous breeds are the best adapted large ruminants under tropical conditions and do possess some genetic potential. [...] To make these indigenous breeds economically viable, efforts should first target their strengths to maintain them in the long term. [...] Selection should favor the production characters [...] [and] the reproduction ability. But the efforts in terms of breed improvement also have to consider the breeders' preferences. They are very attached to some external and behavior traits. [...] If breeders do not recognize the breed characteristics they

¹⁰⁴ Une vache croisée Holstein-zébu produit 14-15kg de lait par jour dans le Maharastra à l'Ouest mais seulement 4-5 kg dans l'Orissa à l'Est. Ces différences soutiennent les convictions des généticiens sur une nécessaire prise en compte de l'*interaction génotype-milieu* dans les schémas de sélection notamment dans les pays en développement où les polarisations des systèmes de production sont très fortes.

¹⁰⁵ Une d'elles, CP, a poursuivi sa collaboration avec VD dans le cadre de son doctorat et de son post-doctorat. Pendant ces années, elle a passé également du temps à Interbull en étudiant l'impact de l'évaluation génomique sur les évaluations internationales ; elle s'est investie dans le projet GENOSOUTH en coordonnant la coopération avec les différents partenaires étrangers ; et elle a eu une mission de responsabilité dans le consortium Eurogenomics où elle s'est occupée de la coordination du travail entre les différents partenaires industriels et du montage politique et juridique du consortium en tant que coopérative. CP peut être vue également comme une personne de la 'profession globale' d'évaluation génétique bovine qui assure les liens entre les différents niveaux d'implication techno-politique des acteurs de la sélection : national et international, scientifique et industriel.

want, they will not trust artificial insemination, which would curb the progress of breed improvement.”

Ainsi, le besoin d’ancrage local de la sélection pointé par cette étude témoigne du fait que les valeurs de l’élevage et la vision holistique de l’animal sont partagées dans la communauté scientifique des généticiens, et sont transmises entre générations, cultures et pays, comme nous l’avons déjà constaté dans la seconde partie de la thèse.

Bien avant le démarrage du GENOSOUH, un long parcours collaboratif a en effet déjà forgé des liens solides avec l’Inde et plus particulièrement avec la BAIF. Une coopération de longue date, forte de huit étudiants formés, de collègues devenus amis, de la satisfaction des résultats obtenus ensemble, trouve sa continuité dans le projet GENOSOUTH qui vise à mettre en place l’évaluation génomique avec des méthodes statistiques et des modèles mathématiques spécifiques aux conditions locales. La notion d’*interaction génotype-milieu* y trouve son implication théorique avant d’être mis en pratique dans les modèles :

“The huge heterogeneity of agro-climatic conditions generates large genotype x environment interactions, which have to be accounted for in selection at different levels (choice of breed, of fraction of exotic blood for crossbred bulls, of individual bulls).” (Ducrocq et al. 2018)

En contribuant à l’établissement d’un système d’évaluation génomique en Inde, le projet GENOSOUTH ne s’oppose pas directement à l’hégémonie mondiale de la race Holstein et de l’index américain TPITM. La consanguinité n’est pas un risque majeur dans un système de production qui recourt au croisement. Du moins pour le moment. Le problème ciblé est plutôt le standard de la vache hyperproductive sélectionnée uniquement sur ce caractère (inspirée de la Holstein). Rappelons-nous la norme inscrite en 2013 dans le règlement de l’importation des reproducteurs dans le pays : 10 000 litres de lait minimum en une lactation adulte, ce qui représente une production extrêmement élevée même pour les systèmes industrialisés des pays occidentaux. « Sélectionner seulement sur le caractère de production favorise les animaux avec un niveau (trop) important de gènes ‘exotiques’ et l’adaptation aux conditions locales peut être rapidement perdue, » préviennent Ducrocq et al. (2018).

Compte tenu de la taille du pays et de sa population humaine et bovine, de la complexité de ses traditions d’élevage, de la diversité des acteurs locaux et internationaux investis dans la mise en place de l’amélioration génétique des bovins, les interactions entre les protagonistes

et la coordination des actions est très difficile. La BAIF s'est révélée un bon partenaire dans la coopération pour la mise en place du programme de sélection bovine. Comme l'indique un des collaborateurs du projet en France,

« c'est un organisme influent jusqu'au près des ministères indiens, c'est un organisme qui produit directement de la semence, donc en relation directe avec les éleveurs, les producteurs de lait, et qui a effectivement internalisé une petite activité de recherche et de calcul. De cette manière, on ne travaille pas avec un centre de recherche, on travaille avec un centre de production de semences et de développement de l'élevage. » (entretien CP)

La BAIF reste le lieu principal d'action du GENOSOUTH, avec des cours dispensés en génétique quantitative et en bioinformatique, des échanges entre chercheurs, des réunions de travail, etc. Néanmoins, s'inscrivant dans un assemblage complexe d'entités hétérogènes d'un système en train de se construire, les porteurs du projet se trouvent inévitablement face à d'autres acteurs avec lesquels ils sont obligés d'interagir sans trahir leurs idées, leurs convictions et leur mission 'diplomatique'. Le cercle d'acteurs auprès desquels ils essayent de porter des messages en adéquation avec leurs idées et leurs missions s'élargit. L'ICAR (Indian Council for Agricultural Research) en tant qu'opérateur national de la recherche agronomique a souvent son mot à dire quant aux programmes de recherches et aux partenariats développés par la BAIF. Chargé du projet de développement d'une puce génomique pour les races de zébus (IndusChip) avec l'entreprise américaine Illumina et la Fondation Bill and Melinda Gates, le NDDDB interagit de près avec la BAIF. Entre toutes ces organisations, il y a forcément des divergences stratégiques et des tensions politiques. Chaque acteur essaie d'influer sur les autres avec les moyens de persuasion qu'il possède, qu'ils soient financiers, politiques, technologiques ou scientifiques. Et l'objectif de s'inscrire en partie prenante de larges projets concernant l'Inde avec la BAIF est notamment explicitement ciblé par le projet GENOSOUTH dès 2012 :

“In parallel, a careful investigation will be carried out to identify with BAIF any possibility to influence / participate to / get funding from/ the large projects that are being set up in India by FAO, World Bank, etc.”

Notons à ce propos que, fidèle à ses convictions politiques, économiques et culturelles européennes, VD comme porteur du projet privilégie des sources de financement non américaines.

5.2.3. Le problème du choix de l'alliance au Brésil

Dans le cadre du projet GENOSOUTH, la coopération avec le Brésil n'a duré que deux ans (et dans les fait encore moins). Pourtant, quelques prérequis d'une bonne coopération scientifique soutenue institutionnellement dans le domaine des bovins entre l'INRAE et l'Embrapa étaient a priori réunis. Les deux partenaires ont tous les deux lancé presque simultanément leurs grands programmes systémiques de recherche, dont ceux qui portaient sur la sélection génomique. Les pays se sont mutuellement désignés dans les priorités des partenariats internationaux dans le cadre de ces programmes. Dans les années 1980, un programme bilatéral de formation des doctorants brésiliens en France avait porté ses fruits 'diplomatiques' et les relations entre les chercheurs de l'Embrapa qui en avaient bénéficié et leurs collègues français qui les avaient accueillis étaient cordiales. L'Embrapa avait ouvert un bureau de représentation en France à Montpellier – le LABEX - et le représentant du CIRAD au Brésil assurait également le relais pour l'INRAE sur place. Le directeur du LABEX avait rendu visite à l'INRAE en 2010 afin d'envisager des coopérations dans le cadre des programmes institutionnels de recherche. L'année suivante, une mission du Vice-président de l'INRAE, avait été organisée au Brésil. Les deux visites avaient ainsi confirmé que la coopération bilatérale dans le domaine de la sélection génomique des bovins laitiers était une priorité pour les deux institutions.

En 2011, le Brésil compte 25 millions de vaches laitières sur environ 200 millions au total. La race croisée Girolando (3/8 de race de zébu indien Gir et 5/8 de Holstein) assure 80% de la production laitière du pays. La Holstein pure y contribue seulement pour 8%. Grand importateur de semence Holstein, le Brésil représenté par l'Embrapa, ambitionne alors de créer son propre programme national de sélection aussi bien pour la race Holstein que pour la Girolando. Un centre de CRV (entreprise néerlandaise) s'implante au Brésil afin de produire de la semence localement et investissait notamment dans un schéma de sélection Girolando, avec des évaluations génétiques spécifiques réalisées aux Pays-Bas par les scientifiques néerlandais. Les Pays-Bas ont en effet choisi cette stratégie de production locale des ressources génétiques pour se distinguer des pays d'Amérique du Nord qui se positionnaient généralement comme exportateurs de leurs propres productions nationales. L'Embrapa

souhaite alors créer un programme de sélection pour la Holstein dont les ressources génétiques sont majoritairement importées. Mais compte tenu d'un taux d'insémination artificielle relativement bas (environ 10%), d'un contrôle de performances très peu homogène, réparti entre plusieurs entreprises privées et l'Embrapa, la construction d'une chaîne d'évaluation est une tâche très complexe : les réalisations n'ont pas pu atteindre le degré d'exigence technique de la communauté internationale représentée par Interbull. Le système a donc besoin d'être reconsidéré depuis la base de la collecte des mesures jusqu'aux méthodes et modèles de calcul des valeurs génétiques. VD fait de cette perspective l'un des principaux objectifs de la coopération pour permettre « une adhésion rapide du pays à Interbull ». Avec la participation aux évaluations génétiques internationales, le Brésil pourrait avoir accès à une base de données bien plus importante et homogène que sa base nationale, ce qui accélérerait la création d'une population de référence suffisamment grande pour lancer la sélection génomique. L'INRAE et l'Embrapa se mettent donc d'accord sur une telle démarche. Cependant, les chercheurs généticiens et bioinformaticiens de l'Embrapa ayant été majoritairement formés aux États-Unis, ne sont pas particulièrement intéressés de coopérer avec la France. Tel était notamment le cas d'AC, présenté par l'Embrapa comme son chercheur clé sur le sujet lors de la mission de l'INRAE sur place. Il anime le programme national « Animal genomics network » axé sur la génomique des bovins laitiers et regroupant 80 chercheurs brésiliens de l'Embrapa et des universités, ainsi que quelques acteurs du terrain. En revanche, un autre chercheur, CC, connaissance professionnelle et personnelle de longue date de VD, devient le contact principal pour GENOSOUTH au Brésil. C'est là qu'un décalage se crée entre les composantes politique et diplomatique de la coopération institutionnelle et les composantes personnelle et scientifique de la pratique des chercheurs, car CC ne bénéficie pas du soutien nécessaire de son institution pour mener à bien sa mission dans le projet :

« La recherche ne fait pas tout et CC de l'Embrapa n'influençait pas beaucoup les programmes de sélection au Brésil. [...] J'y ai passé du temps et en fait, je pense que tout ce temps-là, on ne travaillait pas avec les bonnes personnes. En plus, CC était quelqu'un qui [...] avait des aspirations politiques et qui était en conflit au sein même de son unité.[...] Nous de l'extérieur, nous ne pouvons pas résoudre les problèmes de conflits internes et ça veut surtout dire que tous ces facteurs-là ralentissent forcément la collaboration ». (entretien CP)

L'analyse de cet échec souligne en effet l'importance du choix du partenaire dans la coopération. Au-delà des principes mertonniens, le succès des échanges scientifiques et des programmes de sélection dans le domaine de l'amélioration génétique bovine (comme dans n'importe quel autre domaine), repose sur la qualité des liens tissés entre les chercheurs et les autres acteurs du secteur de l'élevage, que ce soient les éleveurs ou les ministères. Et les pays diffèrent beaucoup entre eux quant à la façon d'établir ces liens. A cet égard, on peut opposer le cas du Brésil à celui de l'Inde où la BAIF se révèle dans une perspective longue être un bon partenaire de coopération, parce qu'elle couvre un réseau très large d'acteurs concernés par le dispositif de sélection.

L'objectif de la coopération, faire entrer le Brésil dans l'espace de commensuration d'Interbull, n'a donc pas été atteint au bout de deux ans de coopération. Les méthodes d'évaluation génétique n'ont pas pu être améliorées pour se conformer aux prérequis techniques d'Interbull. La sélection génomique n'a donc pas non plus été mise en place au niveau national, faute de populations de référence pour les races concernées (Holstein et Girolando). Selon l'analyse du porteur du projet, la présence forte des acteurs économiques américains au Brésil a rendu impossible la constitution de telles populations de référence faute de données phénotypiques détenues et non partagées par ces acteurs. Le pays reste ainsi sous l'emprise économique des pays exportateurs de la génétique bovine sans avoir la possibilité de comparer les valeurs proposées sur le marché des ressources génétiques à ses propres besoins.

5.2.4. GENOSOUTH dans le transfert du savoir-faire agronomique français au Kazakhstan

La coopération avec le Kazakhstan a un statut à part au sein de GENOSOUTH. D'une part, à la différence des collaborations antérieures de VD, il ne s'agit pas d'un pays du Sud au sens classique du terme. Les contraintes climatiques que subissent les élevages du pays sont tout à l'opposé des celles de l'agriculture tropicale. En effet, en hiver, les températures peuvent atteindre -40°C avec des vents jusqu'à 100 km/h. D'autre part, cette coopération a démarré après plusieurs initiatives institutionnelles simultanées. En 2010, l'État kazakhstanaise rend public son programme Agrobusiness 2020 pour renforcer et moderniser les productions agricoles et agroalimentaires définies comme l'un de ses trois secteurs économiques prioritaires avec l'énergie et la finance. Le Ministre de l'agriculture de l'époque, anciennement chercheur de l'Académie d'agriculture de l'Union Soviétique et du Kazakhstan,

envisage alors une réforme de la recherche et de l'enseignement supérieur dans le domaine agricole. Il pousse notamment le projet de création d'un centre de recherche et d'innovation moderne à côté de la capitale, dans une région de steppes historiquement dédiée à l'agriculture extensive. KazAgroInnovation, organisme public de recherche et d'innovation agronomiques, sollicite l'INRAE (parmi d'autres leaders mondiaux en la matière) pour une assistance dans ce projet national fort ambitieux. L'INRAE répond positivement à cette sollicitation jugée utile par la direction pour améliorer la visibilité internationale de son expertise en innovation agricole. En parallèle, au niveau de l'état français, le sénateur Aymeri de Montesquiou, chargé de la mission économique en Asie Centrale pendant la présidence de Nicolas Sarkozy, monte un groupe de travail pour proposer une offre française 'concertée' au Kazakhstan et surtout à la ville d'Astana (ancien nom de la capitale actuelle Nursultan) dont le gouverneur est un ami personnel et du sénateur français et du président kazakhstanais de l'époque, Nursultan Nazarbaev. Ces deux initiatives hautement diplomatiques sont donc lancées en parallèle et impliquent l'INRAE comme organisme national de la recherche agronomique d'un pays qui possède des intérêts politico-économiques au Kazakhstan.

Le programme Agrobusiness 2020 fixe des objectifs fort ambitieux pour l'élevage kazakhstanais : une augmentation de la production laitière de 40 % et la multiplication de la production de viande par 50. Le programme spécifique déjà mentionné pour le développement de la compétitivité internationale sur le marché des productions bovines lancé en 2011 envisage de passer en cinq ans de 300 à 60 000 tonnes de viande exportées vers la Russie. C'est dire combien les hauts fonctionnaires responsables de ces programmes sont en ce moment-là à la recherche de solutions rapides et efficaces pour atteindre ces objectifs fixés et validés par l'instance suprême de l'État.

Avec le Ministre de l'agriculture A. Kouryshbaev, ancien chercheur et académicien en sciences agronomiques, la modernisation de la recherche fait partie des voies prioritaires pour atteindre ces objectifs. C'est lui qui valide en 2010 le partenariat entre KazAgroInnovation (KAI) et l'INRAE et en 2011, le projet de mise en place d'un large programme national de sélection bovine utilisant la technologie d'évaluation génomique.

Au changement du ministre en 2011, les priorités nationales sont revues. Le nouveau ministre A. Mamytbekov, économiste aux convictions néolibérales, ne croit pas en la science agronomique, du moins au Kazakhstan et fait plutôt confiance au marché libre¹⁰⁶. Selon lui, les objectifs de court terme fixés par les programmes du développement agricole demandent

¹⁰⁶ Selon ses propres paroles prononcées lors d'une des réunions auxquelles j'avais assisté.

des solutions donnant les résultats rapides. En conséquence, il choisissait de déplacer la priorité vers les importations de bétail de l'étranger. Le marché s'ouvre et les pays grands producteurs de génétique bovine s'y précipitaient. Le 'hard power' économique se déploie ainsi jusqu'au niveau ministériel¹⁰⁷, avec par exemple un représentant de l'entreprise canadienne Alta Genetics, grand exportateur d'animaux vivants et de semence bovine, rentre alors au comité conseillant le Ministre sur les questions liées à l'élevage, la sélection et les productions bovines. Le programme d'importations est ciblé en effet sur le Canada comme source prioritaire de génétique. L'argument 'scientifique' objectivant ce choix fait référence à la similarité des conditions agro-climatiques des deux pays et donc au bon potentiel d'adaptation des animaux. La question du milieu dans le choix de la génétique n'est donc pas complètement absent des accords économiques et facilite bien les arrangements politiques. Sollicité par le Sénateur Aymeri De Montesquiou d'un côté et par l'INRAE de l'autre, la profession de la sélection française représentée par l'organisation faîtière France Génétique Elevage (FGE)¹⁰⁸, manifeste également son intérêt pour le marché du Kazakhstan. Mais ses offres peuvent difficilement concurrencer celles des pays nord-américains, notamment pour des raisons de nombre d'animaux et de doses de semence disponibles à l'exportation. En effet, l'organisation du secteur de l'élevage kazakhstanais, comme dans beaucoup de pays émergents, est fortement segmentée entre les petits paysans représentant plus de 80% de la production et les fermes-firmes représentant les 20% restant. Mais à la différence de l'Inde, le pays a choisi de soutenir avant tout les très grands producteurs qui assurent la visibilité internationale de son agro-industrie. Les achats subventionnés de génétique par les géants industriels de l'élevage dont la plupart sont issus d'anciens kolkhozes soviétiques, portent sur des milliers d'animaux et/ou de doses de semence, ce que seulement les grands producteurs nord-américains et de quelques pays européens comme l'Allemagne ou les Pays-Bas sont capables d'assurer rapidement.

Le projet de développement du programme national de sélection génomique bovine ne s'interrompt pas avec le nouveau ministre, mais son soutien politique diminue fortement. D'autant plus que la priorité nationale est renforcée sur la filière viande. Or, la sélection génomique à cette époque est opérationnelle uniquement chez les bovins laitiers. La race Holstein ne peut donc être qu'une race-test et servir à l'acquisition de compétences.

¹⁰⁷ Il est difficile de nuancer les démarches des entreprises étrangères auprès des décideurs politiques en les qualifiant de 'soft power', car selon les habitudes culturelles du pays où les pots-de-vin sont chose courante, l'influence et la persuasion passent souvent par de la monnaie sonnante et trébuchante. Sans avoir de preuves directes, je reste ici dans la définition classique des stratégies d'influence économique comme le 'hard power'.

¹⁰⁸ Organisation interprofessionnelle rassemblant l'ensemble des acteurs de l'élevage français.

Localement, l'opération reste entre les mains, d'un côté de KAI pour la mise en place du contrôle de performances et des outils d'évaluation génomique et de l'autre côté, de KAM (KazAgroMarketing)¹⁰⁹ pour l'identification du cheptel. Les deux organisations se disputaient la responsabilité de la base de données nationale.

En France, les jeux politiques entre les acteurs réunis sur le créneau de coopération ouvert par le Kazakhstan, mènent également à des désaccords et à des actions non coordonnées. L'INRAE représenté alors par GR, son Vice-président chargé de l'international, a pour ambition de fédérer l'offre française au Kazakhstan pour le développement de l'innovation agricole et particulièrement pour le programme de la sélection bovine. GR souhaite positionner la France sur le créneau de coopération avec le monde en développement selon le principe « donner des poissons et apprendre à pêcher »¹¹⁰. Dans la partie de ce plan qui concerne la sélection bovine, les entreprises françaises exporteraient au Kazakhstan les animaux et leur alimentation pour répondre aux objectifs du développement à court terme, tandis que la recherche se chargerait en parallèle du transfert du savoir-faire en la matière pour assurer le 'capacity building' local et l'autonomie technologique et commerciale du pays à long terme. Mais les deux fortes personnalités que sont GR et le sénateur De Montesquiou ne réussissent à s'entendre sur qui doit piloter ce projet et comment. Les acteurs de la sélection bovine se séparent en deux équipes plus ou moins concurrentes. L'IDELE et l'UNCEIA (actuellement Alice), deux acteurs clés du système français d'amélioration bovine, poursuivent leurs actions de conseil au Kazakhstan du côté de la mission politique coordonnée par le sénateur. Plusieurs experts de l'INRAE et quelques acteurs économiques s'y impliquent du côté de la mission portée par le vice-président de l'institut.

C'est donc dans ce contexte mouvementé que les généticiens du laboratoire GABI sont sollicités par la direction de l'INRAE afin de mettre leur expertise en génétique et génomique bovines au service de la coopération institutionnelle au Kazakhstan. Peu motivés au début, les collègues généticiens finissent par adhérer au projet, convaincus par la volonté annoncée par le pays de devenir autonome dans le domaine de la sélection bovine, par des moyens financiers disponibles pour le programme et par l'intérêt manifesté pour la génomique par les jeunes spécialistes kazakhstaniens rencontrés. De plus, la situation du Kazakhstan leur paraît propice pour tester la sélection génomique fondée sur une population de référence de femelles. Cela, seulement deux ans après le début de la 'révolution' génomique, représente en

¹⁰⁹ Un autre acteur étatique dans le domaine du développement agricole par les instruments du marché.

¹¹⁰ Le verbatim de GR en référence à une maxime fréquemment utilisée dont l'origine reste confuse : « Si tu donnes un poisson à un homme, il mangera un jour. Si tu lui apprends à pêcher, il mangera toujours. »

effet une nouveauté méthodologique importante par rapport à la voie suivie jusque-là fondée sur la population de taureaux testés sur leur descendance. Théoriquement possible, la nouvelle configuration demande néanmoins un nombre bien plus important d'animaux phénotypés et génotypés pour obtenir un minimum acceptable de fiabilité dans les prédictions. De nombreux autres prérequis sont identifiés par les généticiens de l'INRAE pour mettre en place la sélection génomique. Outre le système d'identification et de contrôle de performances, les spécialistes insistent sur le besoin crucial d'une formation doctorale en génétique quantitative, discipline inexistante dans l'enseignement supérieur au Kazakhstan. Un plan 'éclair' est alors élaboré pour trois ans, et toutes les opérations nécessaires y sont prévues simultanément (Fig. 80). Comparé aux dizaines d'années de travail organisationnel amont qu'a nécessité la mise en place de la sélection génomique dans les pays développés, ce délai paraît bien trop court pour le Kazakhstan. Néanmoins, l'ambition politique des responsables kazakhstaniens les pousse à valider ce plan. Comme je l'ai mentionné plus haut, les pays en plein essor économique sont fascinés par les hautes technologies et les biotechnologies en particulier. La croyance omniprésente en leur toute-puissance rend souvent invisibles des éléments d'ordre social nécessaires au fonctionnement de la technologie. Ainsi, les porteurs du projet du côté de KAI mettent leurs priorités sur l'achat des équipements technologiques de génotypage plus que sur le recueil de données phénotypiques fiables. Les jeunes étudiants et chercheurs sont davantage motivés à s'inscrire dans des disciplines plus prestigieuses que la génétique quantitative bovine. Les grandes fermes ayant à leur disposition de grands troupeaux de vaches relativement homogènes en termes d'appartenance raciale, d'utilisation d'IA et d'enregistrement de données phénotypiques manifestent très peu d'entrain à partager leurs données et attendent seulement les résultats de génotypage comme preuve de l'efficacité de la sélection génomique pour leurs exploitations. Une des plus grandes fermes du pays et une des mieux gérées fait pourtant figure d'exception notable. Héritière de l'ancien grand kolkhoze soviétique Rodina (« patrie ») (Fig. 81), elle se porte volontaire pour participer au projet. Piotr Ivanovitch, le manager de la partie élevage et production laitière (Fig. 81 (4)) se montre particulièrement curieux et enthousiaste à l'idée de bénéficier d'évaluations génomiques. Il réussit à convaincre son patron de communiquer pour analyse l'ensemble des données du contrôle de performances de quelques 2000 vaches Holstein et Frisonnes Pie-Noir locales en voie de holsteinisation, à l'équipe française.

Ayant inscrit le Kazakhstan dans le projet GENOSOUTH en 2012, VD affirme son engagement vis-à-vis de l'INRAE et de la profession française. Cette dernière a en effet besoin de la diplomatie scientifique afin d'asseoir ses intérêts économiques sur ce terrain à

forte concurrence dans laquelle l'industrie française de la semence bovine a très peu de chances de gagner des parts du marché face aux géants nord-américains. En apportant un appui scientifique au 'capacity building' aux pays émergents tels que l'Afrique du Sud et le Kazakhstan, la France peut alors espérer utiliser son influence politique en faveur d'un modèle économique différent fondé sur l'idée de diversité des systèmes de production, de diversité génétique des animaux ancrés dans ces systèmes, de besoin de chaque pays d'avoir sa propre échelle d'évaluation pour ne pas dépendre aveuglement des importations. Comme dans le cas de l'Afrique du Sud, la coopérative française Evolution, sous l'impulsion de son directeur du développement international de l'époque, MM, décide d'apporter au Kazakhstan une telle stratégie alternative. Evolution et l'INRAE envisagent également ensemble de déployer un transfert technologique complet incluant la fourniture de la génétique, de la technologie et le 'capacity building' local. Mais cette idée rencontre rapidement des obstacles politiques aussi bien au Kazakhstan qu'entre les partenaires français, en sorte qu'elle est abandonnée bien plus tôt qu'en Afrique du Sud.

La coopération entre les généticiens français et leurs partenaires kazakhstaniens a duré quatre ans dont deux dans le cadre du projet GENOSOUTH. Compte tenu du peu d'intérêt scientifique qu'y trouvaient les généticiens français, leur mission s'est limitée finalement à une prestation contractuelle payante pour génotyper 3000 vaches et les évaluer sur l'échelle française, dans la perspective de créer une population de référence femelle. Objectif jamais réalisé faute de données phénotypiques fiables en provenance des troupeaux du Kazakhstan. Le pays a finalement abandonné l'idée de mettre en place la sélection génomique, jugée trop coûteuse en investissement par le Ministre de l'agriculture A. Mamytbekov. Celui-ci a alors privilégié les importations de troupeaux entiers d'animaux vivants afin de répondre avant tout à l'objectif d'exportation de viande vers la Russie - objectif qui n'a d'ailleurs pas non plus été atteint à son échéance de 2016.

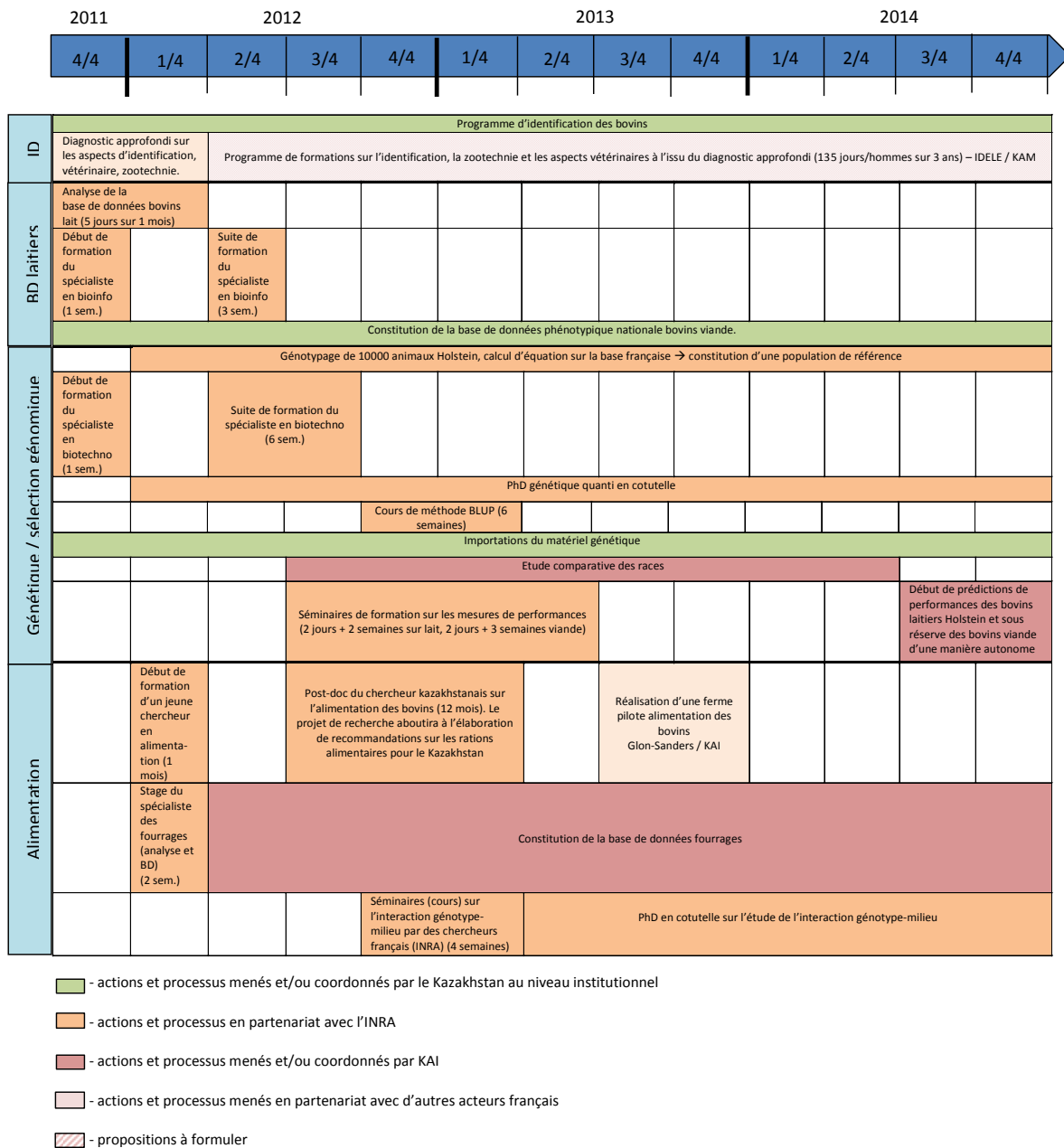


Fig. 80 Le plan de la mise en place de la sélection génomique au Kazakhstan. Elaboré par l'INRAE et ses partenaires de la coopération sur trois ans, il avait pour objectif final l'autonomie des acteurs locaux dans la gestion de leur programme de sélection.



(1)



(2)



(3)



(4)

Fig. 81 La ferme Rodina au Kazakhstan.

(1) Installée au milieu des steppes de la partie Nord du pays, cette ferme est l'héritière du système soviétique des fermes communautaires appelées kolkhozes. (2) Avec environ 2000 vaches laitières Pie noire, elle était une des premières à holsteiniser son troupeau en important de la semence du Canada, des États-Unis et des Pays-Bas. (3) Le manager de la partie élevage et productions laitières, Piotr Ivanovitch, est employé à la ferme depuis le passage à la gestion privée dans les années 1990. Il bénéficie de la confiance de son patron, Ivan Sauer, directeur historique du kolkhoz. D'origine allemande, Ivan Sauer est considéré par l'administration du pays comme un très bon gestionnaire et sa ferme est une vitrine montrée en exemple aux délégations étrangères. (4) VD (deuxième en partant de la droite) a visité Rodina durant l'hiver 2014 lors de sa mission de restitution des résultats d'évaluation génomique des vaches kazakhstanaises dont une grande partie était issue de cette ferme. Il en a ainsi découvert les conditions climatiques opposées aux habitudes et aux contraintes des élevages des pays dits du Sud (-30°C ce jour-là).

5.2.5. Une tentative d'application du principe 'donner des poissons et apprendre à pêcher' dans la coopération avec Afrique du Sud

La coopération avec l'Afrique du Sud dans le cadre du projet GENOSOUTH est partie de l'espace international d'Interbull. L'Afrique du Sud en est membre et peut bénéficier de la commensuration des valeurs génétiques pour les races Holstein et Jersiaise. N'ayant pas pu mettre en place la sélection génomique en même temps que les grands pays développés, l'Afrique du Sud se retrouve rapidement face au marché global dans une position d'importateur net des ressources génétiques sans la possibilité de comparer les valeurs des animaux importés aux besoins locaux. De plus, la qualité de l'évaluation génétique sud-africaine, notamment en race Holstein, est questionnée par les éleveurs qui disent ne pas lui faire confiance suite à des incohérences flagrantes. Deux chercheurs de l'Université d'État Libre (UFS), qui assistent régulièrement aux réunions scientifiques dans le domaine de la génétique animale co-organisés par Interbull, sollicitent alors VD sur des questions liées à l'implication de l'effet d'*interaction génotype-milieu* pour leur pays, fortement contrasté en termes de conditions agro-climatiques et de systèmes de production bovine (Fig. 82).

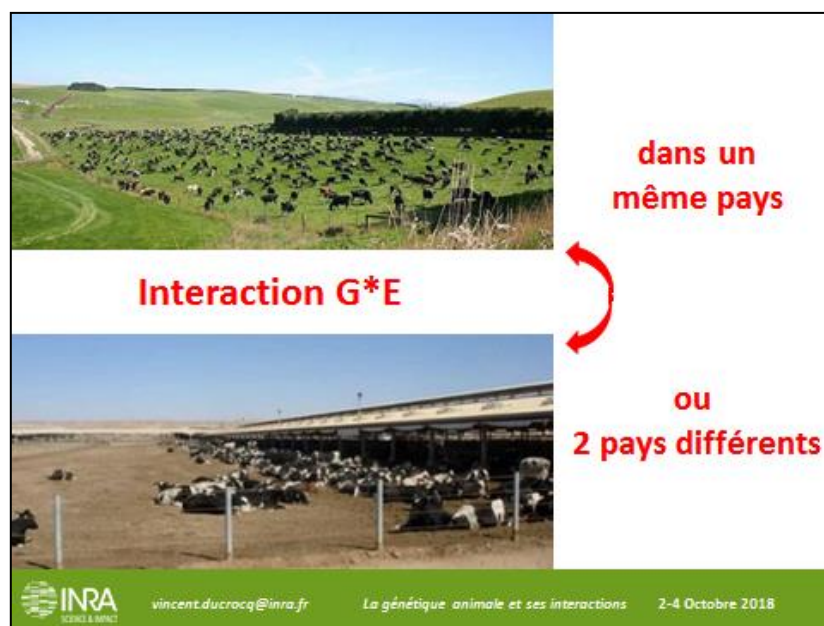


Fig. 82 Un extrait de la présentation de VD sur les enjeux du projet GENOSOUTH concernant la modélisation des interactions génotype-milieu. Les visuels illustrent les systèmes de production très contrastés en Afrique du Sud.

Cette question leur paraît cruciale pour améliorer l'évaluation génétique existante et assurer l'avenir de la sélection locale et son intégration dans le marché global. En parallèle, les démarches institutionnelles de l'INRAE pour la promotion internationale de ses

Métaprogrammes conduisent son Vice-président en Afrique du Sud où il rencontre plusieurs organismes de recherche dont l'ARC (Agricultural Research Council). L'une des thématiques définies mutuellement comme prioritaire porte sur la sélection génomique des bovins, laitiers et allaitants. Suite à cette visite, les deux parties co-organisent un workshop à l'ARC en février 2012. Trois chercheurs du Département Génétique Animale de l'INRAE et de l'UNCEIA y participent côté français, dont VD pour la génomique des bovins laitiers. Le côté sud-africain réunit plusieurs personnes de l'ARC, des universités (UFS, University of Pretoria, University of Stellenbosch), ainsi que le directeur de l'Association Holstein.

Le compte rendu du workshop rédigé par les participants français fait alors part de l'existence à ce moment-là d'un conflit majeur entre l'ARC et le South African Studbook (SA Studbook, l'organisation historique de gestion des livres généalogiques des races bovines en Afrique du Sud). En effet, suite à un désaccord politique au sein de l'ARC, plusieurs chercheurs ayant développé l'évaluation génétique bovine au niveau national quittent l'organisation en emportant avec eux leur savoir-faire et les données utilisées pour les calculs. Ils intègrent SA Studbook en lui apportant cette compétence nouvelle de l'évaluation génétique. Ainsi, les bases de 'clients', de données et même l'adhésion aux organisations internationales comme ICAR et Interbull se retrouvent partagées entre ces deux organisations, remettant en question l'unicité nationale des programmes de sélection. Cette coupure se manifeste par une initiative parallèle au workshop franco-sud-africain, lancée par SA StudBook une semaine avant ce dernier, et portant sur le même sujet de coopération internationale en sélection génomique des bovins. Cet événement implique des professionnels étrangers issus du centre de recherche agronomique irlandais TEAGASC et du leader mondial dans le domaine de l'équipement de génotypage, l'entreprise américaine Illumina¹¹¹. Les représentants de StudBook, invités au workshop co-organisé par l'ARC et l'INRAE la semaine suivante, n'y assistent que très partiellement d'après le compte rendu.

Les perspectives de collaboration entre l'Afrique du Sud et la France comportent aussi bien des points d'assistance et de 'capacity building' (cours sur la génomique organisés en ligne ou sur place, accueil de thésards pour de long séjours et de professionnels pour des courts séjours, mise à disposition de logiciels, etc.) que des projets collaboratifs intéressants scientifiquement les deux parties (étude de la biodiversité génétique entre les races françaises et les races sud-africaines, comparaison du niveau génétique des filles des taureaux locaux et

¹¹¹ Pour l'anecdote - qui n'en est pas une car elle témoigne une fois de plus de la globalisation de la profession d'évaluation génétique - le représentant d'Illumina est un ancien chercheur généticien de l'INRAE ayant été activement impliqué dans la mise en place des programmes de la sélection génomique en France.

importés dans les différentes conditions de production, etc.). Le point important de ce workshop est fait sur la race Holstein vue dorénavant comme race modèle ou « race test pour la réalisation des différentes étapes de la sélection génomique en Afrique du Sud »¹¹². On note en effet un certain déplacement dans le mode d'existence de la race Holstein. Race hégémonique du point de vue économique, elle a été la première à accueillir les innovations technologiques. Dorénavant, sa valeur économique perd son universalité et la relègue, notamment dans les pays en développement au statut de race modèle pour les technologies censées être ensuite transférées à d'autres races et espèces qui prennent du poids économique localement. En Afrique du Sud, il s'agit en premier lieu des races à viande, mais également des espèces d'animaux 'sauvages' élevés pour l'activité des safaris.

La même année (2012), le projet GENOSOUTH déposé pour le financement au Métaprogramme SelGen de l'INRAE inclut l'Afrique du Sud comme un des quatre pays partenaires. Néanmoins, durant les premières années, peu d'actions envisagées sont réalisées, notamment pour des raisons directement ou indirectement liées au conflit politique entre les deux organisations sud-africaines, l'ARC et SA StudBook. Par ailleurs, les liens se renforcent entre VD et deux professeurs de l'Université d'État Libre (UFS). Pour deux raisons en ce qui concerne VD. D'une part, ces chercheurs sont appréciés des deux organismes en conflit, ce qui permet de ne pas y prendre parti. D'autre part, l'un d'entre eux (FN) est particulièrement intéressé par la mesure de l'*interaction G*E* et dispose de données scientifiquement intéressantes pour cela. Dans la seconde édition du projet déposée en 2015, l'ARC étant toujours indiqué comme partenaire institutionnel principal du projet, la collaboration effective se développe davantage avec l'UFS en se renforçant sur l'implication méthodologique de la notion d'*interaction génotype-milieu* dans l'évaluation génétique au niveau local. Selon l'hypothèse des protagonistes confirmée par une étude effectuée par une étudiante d'AgroParisTech dans le cadre de son stage de Master 2, la prise en compte de ce paramètre dans les modèles de calcul devrait améliorer la qualité des prédictions et redonner confiance en l'évaluation génétique nationale aux éleveurs déçus par l'imprécision des index. D'après l'analyse des scientifiques sud-africains, ce problème de confiance explique la crise de l'industrie d'insémination artificielle nationale. Le seul centre national de production de la semence bovine, Taurus, éprouvant des difficultés financières, est racheté en 2014 par une des grandes coopératives françaises, Evolution.

¹¹² Citation du document d'archive 'Compte rendu de mission Afrique du Sud. ARC – INRA workshop. 20 – 22 février 2012' rédigé par ses participants français.

Une telle initiative lancée par un acteur économique français a rouvert la coopération bilatérale entre la France et l’Afrique du Sud. La solide collaboration construite historiquement en France entre les acteurs académiques et économiques dans le domaine de la sélection animale s’appuie sur le partage d’un ensemble d’idées quant à l’avenir de l’amélioration génétique et du marché mondial. Opposés à l’hégémonie américaine, ces acteurs se voient porteurs de stratégies alternatives sur le terrain des pays en développement en mettant en avant une ‘culture européenne’ animée par la notion de diversité. Le directeur du développement international d’Evolution (MM) responsable du projet de rachat de Taurus en Afrique du Sud s’inspire notamment du concept d’‘océan bleu’ élaboré au sein de l’INSEAD (Institut Européen d’Administration des Affaires). Selon cette approche présentée dans le livre de W. Chan Kim et Renée Mauborgne « Stratégie océan bleu : Comment créer de nouveaux espaces stratégiques » (2010), « l’océan bleu » symbolise un modèle de différenciation sur le marché à l’opposé des stratégies de concurrence directe sur les mêmes segments et le même modèle économique symbolisés par « l’océan rouge ».

Le texte de la seconde édition du projet GENOSOUTH intègre bien cette démarche coordonnée avec Taurus, la filiale d’Evolution :

“The main breeding company in France – Evolution – recently bought Taurus, a South African breeding company. They want to make Taurus-Evolution, the new breeding company, a showcase for an alternative way of developing business with an exporting company by implementing a local selection scheme answering the local needs with better (genomic) tools. Evolution explicitly seeks for INRAE support with this objective.”

“The synergy between the GENOSOUTH project and Evolution is evident.”

*“In South Africa, we will contribute to the inclusion in the national genetic (and later genomic) evaluations of the large G*E interaction effects that we demonstrated, a step supported by Taurus-Evolution, the local subsidiary of the French breeding company Evolution”.*

Dans cette démarche du transfert complet du savoir-faire français (ou européen) en matière de sélection génomique, Taurus-Evolution envisage alors de contribuer à la construction de la population de référence locale en apportant, en lien avec Eurogenomics, de la génétique

européenne et des données manquantes. L'INRAE de son côté travaillerait en même temps sur le développement des compétences scientifiques et technologiques locales. Avec ces deux stratégies réunies, l'Afrique du Sud devrait pouvoir rapidement mettre en œuvre son propre schéma de sélection et intégrer l'espace global de la sélection sur un pied d'égalité avec les pays 'génomiques'. Une telle approche coordonnée se distingue ainsi d'une part, de la démarche dite 'américaine' orientée sur une simple vente à l'export de ressources génétiques et d'autre part, de celle développée notamment par le CRV néerlandais qui installe ses fermes de production localement mais garde son échelle d'évaluation et son savoir-faire en la matière. Ensemble, les généticiens de l'INRAE et la coopérative Évolution envisagent de répondre à la démarche des collègues sud-africains qui cherchent alors à s'insérer dans l'espace international génomique en rejoignant un des consortia existants. Évolution en tant que membre fondateur d'Eurogenomics, VD y étant impliqué en tant que scientifique et sa collaboratrice CP en tant que sa secrétaire générale, l'utilisation des informations génotypiques des taureaux européens pour constituer une population de référence Holstein en Afrique du Sud est négociée avec les partenaires européens.

Néanmoins, le partenariat GENOSOUTH-Évolution échoue rapidement face aux difficultés éprouvées par Taurus-Évolution à s'affirmer sur le marché de la Holstein en Afrique du Sud. La direction d'Évolution change sous la pression de ses adhérents et à peine trois ans après son installation dans le pays, la coopérative revoit sa stratégie au profit du modèle américain régi par l'index TPITM, rejoignant ainsi 'l'océan rouge' de la concurrence directe.

Le projet GENOSOUTH poursuit sa collaboration en Afrique du Sud, notamment en accueillant et co-encadrant un doctorant sud-africain de l'UFS sur le sujet de l'intégration de *G*E* dans les modèles d'évaluation génétique et en maintenant l'objectif de poursuivre la mise en œuvre de la sélection génomique. La possibilité d'utiliser les données d'Eurogenomics reste ouverte, même si elle est réduite aux seuls travaux de recherche.

Dans le chapitre suivant, je propose de traiter plus en détail le cas de l'Afrique du Sud et de présenter la position de différents types d'acteurs locaux par rapport à ce projet ambitieux de sélection génomique. Le lecteur aura l'occasion d'apprécier les perspectives de la localisation de la vache globale depuis l'intérieur du pays.

Conclusion

Dans ce chapitre, j'ai présenté au lecteur les instruments diplomatiques de la globalisation bovine témoignant de l'importance toujours forte du pouvoir souverain des états malgré la montée en puissance des niveaux supranationaux de la gouvernance de la sélection. Cette diplomatie bovine se déploie entre les pays dits en développement et les pays dits développés. Ces derniers, bénéficiant de l'espace global de commensuration offert par Interbull et d'autres espaces d'équivalence créés dans le cadre de consortia génomiques, profitent des avantages de la technologie d'évaluation génomique pour leurs populations de bovins. Ayant pris ainsi de l'avance en termes de 'progrès' génétique par rapport aux autres pays, ils se trouvent dans une position dominante sur le marché des ressources génétiques aussi bien du point de vue des outils marketing que du savoir-faire technoscientifique. Leurs acteurs deviennent ainsi porteurs des intérêts nationaux sur le terrain des pays 'non génomiques' alors en position de dépendance économique vis-à-vis du marché global. N'ayant pas à leur disposition de moyens adaptés pour évaluer les animaux importés au regard de leurs propres besoins, les éleveurs et les sélectionneurs des pays en développement n'ont d'autre choix que de se remettre aux standards d'évaluation des exportateurs, dont le leader sur le marché reste le TPITM de l'Association Holstein américaine. A moins qu'une dynamique collective ne se mette en place dans les pays en développement pour créer un système d'évaluation génomique, en acceptant le caractère social de la technologie.

Les pays en développement confrontent l'espace global de la sélection bovine à des contextes très divers. S'y croisent différents intérêts portés par différents acteurs :

- les intérêts nationaux portés par les acteurs étatiques (Ministères, Agences de financement) ;
- les intérêts sociaux portés par les acteurs coopératifs et souvent les scientifiques de la recherche publique ;
- et les intérêts privés portés par les entreprises privées d'insémination artificielle et les éleveurs propriétaires ou gestionnaires de fermes-firmes.

En fonction de ces intérêts, les offres des pays développés varient aussi :

- la génétique produite et évaluée dans le pays exportateur (stratégie commerciale des pays nord-américains) ;
- la génétique produite localement par une entreprise étrangère et évaluée par cette entreprise selon son standard national (le CRV néerlandais, par exemple) ;

- la génétique produite ailleurs dont les valeurs sont traduites selon l'échelle du pays importateur avec les instruments de commensuration proposés par Interbull (plusieurs catalogues ont cette option dans les pays membres d'Interbull, comme l'Afrique du Sud) ;
- une démarche de 'capacity building' proposée principalement par les généticiens européens (par exemple, le projet GENOSOUTH porté par VD de l'INRAE français) ;
- un couplage entre la vente de la génétique et le 'capacity building', stratégie que la France a essayé de mettre en place au Kazakhstan et en Afrique du Sud, mais qui n'a pas vraiment porté ses fruits pour le moment.

Bien que l'économie semble encadrer l'ensemble de ces stratégies, une différenciation des modèles économiques apporte plus ou moins du poids aux enjeux technologiques, sociaux, politiques et biologiques défendus par les acteurs de la sélection bovine mondiale. En fonction de ces enjeux, les acteurs déploient des instruments d'influence que le terrain des pays en développement permet de bien suivre. Ainsi, l'exemple du projet GENOSOUTH, analysé du point de vue de la diplomatie scientifique, témoigne notamment des différents choix que les acteurs des pays développés investis dans les pays en développement doivent faire en termes d'alliances pour réussir leur double mission: diplomatique pour influencer et scientifique pour partager. L'importance du partage des convictions, intérêts, principes communs rejoint l'idéal mertonien de la science pure qu'il est en effet utile de garder en tête comme une manière de lutter contre les verrouillages irréversibles du marché. Il faudrait alors, comme le disait Michel Callon (1994), « soutenir activement les collectifs émergents et encourager leur prolifération. » C'est ce que le projet GENOSOUTH visait dans des pays émergents tels que l'Inde, le Brésil, le Kazakhstan et l'Afrique du Sud. En analysant les différents partenariats du projet, leur émergence et leur (non-)aboutissement, on appréhende la continuité des idées soutenues depuis les années 1970 par les généticiens, et qui accompagnent le processus de globalisation de la vache. Il s'agit de s'opposer à la domination de certains acteurs économiques porteurs d'intérêts privés et imposant un standard unique de la vache partout. Il s'agit de promouvoir la diversité des systèmes de production et la diversité génétique des animaux qui en font partie. Il s'agit d'impliquer dans les instruments d'évaluation génétique et génomique la vision holistique de l'animal et les connaissances scientifiques *ad hoc*, notamment sur l'existence d'une relation complexe entre l'organisme vivant et son milieu (*interaction génotype-milieu*). Ces idées continuent à animer le travail des chercheurs généticiens français et européens dans les pays en développement au-delà du projet GENOSOUTH. Un laboratoire international associé (LIA) a été créé en Inde entre l'INRAE

et la BAIF en 2019. Un projet européen de ‘capacity building’ autour de la sélection génomique des bovins laitiers a été déposé en mai 2020. Il associe quatre partenaires européens (deux instituts de recherche - INRAE en France, LUKE en Finlande - et deux universités - SLU en Suède et BOKU en Autriche) et plusieurs organismes de pays en développement : la BAIF en Inde, l’ARC et l’UFS en Afrique du Sud et 15 petits centres de recherche ou universités en Afrique de l’Est (Kenya, Ethiopie, Ouganda, Rwanda, Tanzanie).

A partir de l’analyse longitudinale du projet GENOSOUTH, on peut encore souligner l’importance d’une vision de long terme. Ce point ne concerne pas seulement la question de la durabilité de la sélection bovine que les scientifiques essaient de promouvoir de manière générale en opposition à la logique du court terme du marché. Il touche aussi à la construction de la coopération entre les acteurs. Comme l’ont souligné Labatut et al. (2014), alors que la démarche collective y est plus que jamais importante, il est compliqué de coopérer à l’ère génomique car les acteurs et les intérêts sont nombreux, ce qui rend la définition et le partage d’objets et d’objectifs communs à la fois indispensable et très difficile. Il faut donc patience et compréhension pour co-construire les conditions de projets de coopération durables.

Un troisième point de conclusion important concerne le déplacement que nous avons constaté dans l’ontologie de la race bovine et plus particulièrement de la race Holstein. Bien que cette dernière occupe toujours une position de leader sur le marché mondial des ressources génétiques, la nature de sa domination a changé. D’hégémonique du point de vue de sa rentabilité économique et pour cette raison porteuse des innovations technologiques, elle devient dans beaucoup de pays en développement avant tout porteuse de technologie d’évaluation et pour cette raison prisée sur le marché. Elle devient race test ou modèle qui permet de transférer sa technologie à d’autres races ou espèces animales plus intéressantes économiquement dans des contextes différents, notamment dans les pays du Sud. Les pratiques d’hybridation/croisement des races locales avec la Holstein sont également de plus en plus fréquentes. En effet, les races globalisées ont un certain nombre d’inconvénients en termes d’adaptation à la variété des environnements. Cela ressort aussi bien des calculs de valeurs génétiques avec des méthodes technologiques modernes que des comportements d’utilisateurs des ressources génétiques à des fins d’amélioration de leurs troupeaux. Ces changements observés sur le terrain des pays en développement peuvent avoir des conséquences plus systémiques sur l’organisation globale de la sélection dans un avenir relativement proche. Je les discuterai dans la conclusion générale de cette thèse.

Chapitre 6

Localiser la vache globale : le cas de l’Afrique du Sud

En miroir de la vision des acteurs des pays développés sur la vache dans les pays en développement, je donne ici la parole aux acteurs d’un pays émergent – l’Afrique du Sud. Très contrasté du point de vue de ses systèmes de production, ce pays l’est également par sa position duale entre les pays du Nord et du Sud, industrialisés et non-industrialisés, par son passé colonial et son régime d’apartheid hors du commun dont l’écho se prolonge dans la situation politique d’aujourd’hui. Ici tout est ‘noir et blanc’ et rien n’est ‘noir et blanc’. La diversité et l’instabilité caractéristiques du pays (comme de bien d’autres parmi les pays en développement) en font un terrain extrêmement favorable pour une analyse des visions et des positionnements contrastés des acteurs de l’élevage bovin vis-à-vis des questions d’amélioration génétique. Me voilà donc dans l’avion qui m’emmène dans l’hémisphère sud, au bout du continent africain. J’envisage d’y explorer un terrain complexe pour comprendre, comment les races bovines globalisées comme la Holstein s’y intègrent pour devenir locales. Comment sont-elles évaluées ? Que pensent les acteurs locaux des technologies modernes comme l’évaluation génomique ? Qui et comment s’empare des opportunités offertes par l’espace global, scientifique et marchand, de la sélection ? Comment la technoscience, le marché et la politique interagissent-ils localement au travers des vaches ? Je suis inspirée par le travail anthropologique de Aihwa Ong « Fungible Life » (2016) sur le centre de biotechnologie à Singapour qui utilisent la génomique humaine, « science globale et cosmopolite », pour affirmer les différences génétiques des ethnies asiatiques par rapport au modèle dominant du génome de l’homme occidental du type caucasien. Je pense trouver un projet identitaire similaire en Afrique du Sud dans le domaine de la génomique bovine.

La première étape de mon enquête m’emmène à Bloemfontein, au cœur du pays historique des Boers – colons européens, principalement d’origine néerlandaise mais aussi française et allemande, qui ont apporté avec eux les pratiques agricoles occidentales et les ont développées dans les régions arides du centre de l’Afrique du Sud (cf. la carte, Fig. 83).

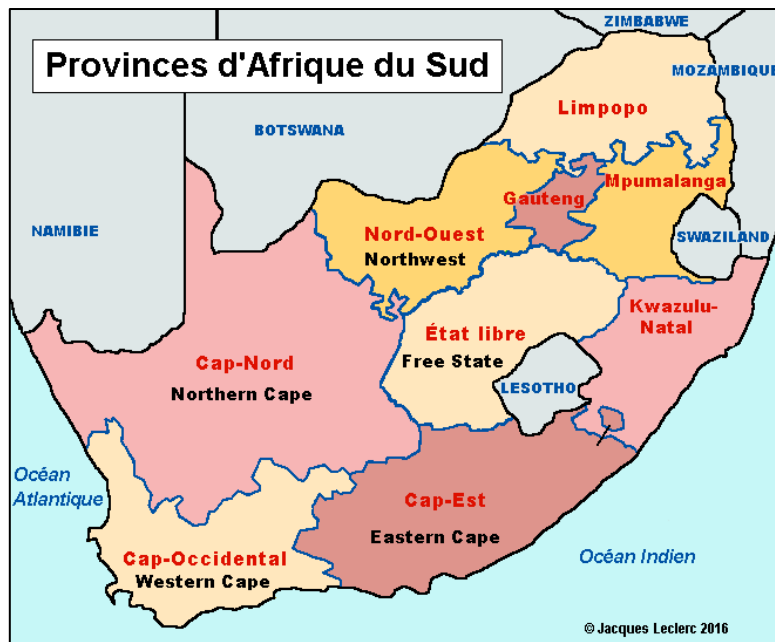


Fig. 83 La carte des provinces (régions) administratives de l’Afrique du Sud

L'élevage bovin intensif y est donc une activité traditionnelle de prédilection. Néanmoins, pendant mon séjour de deux semaines à Bloemfontein, je vois des girafes, des zèbres, des guépards, des lions, des buffles qui se promènent dans les parcs de la ville, mais aucune vache. Les fermes sont très éparpillées dans des zones rurales inaccessibles sans voiture 4x4 et on me déconseille de m'y aventurer seule sans un rendez-vous préalable. A Bloemfontein je rencontre en revanche, des acteurs divers qui ont un lien avec les questions que je souhaite traiter : des scientifiques de l'Université de l'État Libre (UFS), ceux qui produisent les évaluations génétiques (SA Studbook), des représentants des associations de races laitières (Holstein, Jersiaise et Ayrshire), des entreprises de commercialisation de semence (XSeed CRV, Taurus Evolution) et quelques éleveurs de bovins venus assister à un séminaire dédié à la sélection génomique. Si jusque-là mon enquête s'est déroulée uniquement auprès des acteurs d'évaluation génétique et génomique très peu impliqués sur le terrain, je comprends alors que les éleveurs en Afrique du Sud sont incontournables dans mon étude. Ce sont eux qui détiennent les données nécessaires à la mise en place des technologies d'évaluation génétique et génomique et qui résistent à ce projet porté par les scientifiques. On me redit également qu'ils se montrent méfiants vis-à-vis des évaluations nationales et deviennent volontiers clients des entreprises de semence étrangères. Poursuivant mon enquête dans les régions du Cap Ouest et du Cap Est, je réussis à visiter plusieurs fermes laitières et à discuter avec des éleveurs (propriétaires ou managers). Je finis mon travail de terrain par des entretiens avec des acteurs institutionnels et des chercheurs de l'ARC (Agricultural Research Council) et

de l'Université de Pretoria. Notons que parmi une cinquantaine de personnes rencontrées et interviewées sur le terrain, environ trois quarts ont une activité d'élevage comme premier ou second métier ou comme passion dans le cadre de traditions familiales. Essentiellement issus de la population blanche descendante des boers, ces acteurs ont beaucoup à défendre personnellement, culturellement et politiquement dans le pays où le régime politique a tourné en leur défaveur.

La fameuse vache Pie-Noir fait partie de l'histoire mouvementée et controversée du pays. Importée par les colons blancs sur le continent africain, elle s'est développée depuis plus de 100 ans comme la race locale Friesland avec tous les objectifs et pratiques de sélection établis au niveau national et coordonnés par une association d'éleveurs de cette race. La holsteinisation, comme nous l'avons vu avec l'exemple de l'Europe d'il y a cinquante ans, a ici également rompu cette construction nationale au bénéfice du modèle global de la Holstein américaine. L'arrivée de la sélection génomique a renforcé d'autant plus l'absorption de l'Afrique du Sud par le marché global des ressources génétiques Holstein. L'industrie locale d'insémination artificielle a disparu et le pays est devenu importateur net de la génétique des races laitières. Soutenus par la communauté scientifique internationale, les généticiens sud-africains tentent de faire revivre le patrimoine génétique du pays en lui redonnant une valeur locale, y compris pour les races globalisées comme la Holstein ou la Jersiaise. Cette volonté se traduit en un projet de mise en place d'un dispositif national d'évaluation génomique équivalent à ceux qui existent dans les pays leaders sur le marché des ressources génétiques. L'objectif est le même que celui que nous avons noté dans l'histoire des pays européens dans les années 1970 : pouvoir évaluer les ressources importées et les ressources locales sur la même échelle et permettre aux éleveurs de faire leur choix de la génétique qui correspond à leurs besoins dans le développement des troupeaux laitiers. Sauf que maintenant, avec le paradigme technologique nouveau, cet objectif implique une refonte en profondeur du système de sélection et de production laitière du pays. Et la décision politique de s'engager ou non dans ce processus complexe et couteux n'est pas facile à prendre. La notion d'*interaction génotype-milieu* née au sein de la génétique quantitative se retrouve de nouveau à jouer son rôle politique. Ce terme est loin d'être connu et compris de la même façon par tous les acteurs. Même entre pairs, il n'y a pas unanimité quant à sa définition, comme nous l'avons vu dans le second chapitre de cette thèse (section 2.3). Mais une compréhension partagée de ce que ce terme traduit en termes d'objectivation statistique – à savoir, le caractère relatif de la valeur de l'animal par rapport au contexte – est nécessaire à ce projet collectif.

Je propose pour ce chapitre le déroulement suivant. Dans un premier temps, nous ferons connaissance avec le ‘milieu’ afin d’apprécier les enjeux politiques auxquels la sélection bovine fait face actuellement en Afrique du Sud. Ensuite, dans la seconde section, je présenterai le développement de la sélection bovine dans ce pays au travers de la vache Holstein-Friesland pour rendre compte de l’évolution du standard de la race dans ce pays au fil de son histoire aussi bien politique que technologique. La troisième section sera dédiée aux actions diplomatiques que déploient les scientifiques généticiens pour défendre leur projet techno-politique : mettre en place la sélection génomique et rendre ainsi sa valeur locale à la vache globale. Enfin, la dernière section nous donnera l’occasion d’analyser des pratiques des acteurs du marché des ressources génétiques – vendeurs de semence bovine et éleveurs – ceux qui jouent le rôle le plus direct dans la construction de la vache locale sud-africaine. Ces pratiques sont analysées au travers du concept DIY portant sur le contournement des voies conventionnelles d’évaluation et une réappropriation d’outils accessibles (index génétiques calculés par différents acteurs à de différents endroits associés à des pratiques de visualisation dite « physique ») dans le processus de valuation locale de la vache.

Les données analysées dans ce chapitre proviennent des observations effectuées sur le terrain, ainsi que des discussions informelles et des entretiens avec les acteurs locaux : chercheurs généticiens, éleveurs moyens (100-200 vaches) et grands (à partir de 1000 vaches), commerciaux et responsables d’entreprises de vente de semence (principalement des filiales des entreprises étrangères).

6.1. Le milieu sud-africain

Commençons par saisir le ‘milieu’, avec lequel, d’après les scientifiques, le génotype de l’animal est sensé interagir pour justifier sa valeur génétique différenciée des autres. Rappelons encore une fois qu’au sein des agencements bovins dits ‘modernes’, c’est le mode d’existence de la vache dans son milieu qui a subi une réduction maximale avec la technicisation et l’économisation de l’animal (cf. chapitre 1). Si je présente ici le milieu comme contexte politique et agro-économique à part, lui dédiant tout la première section du chapitre, le lecteur pourra noter le lien dynamique de co-évolution entre la vache en production laitière et son environnement en mouvement. Si l’on imagine difficilement un pays vraiment stable et sans évolution, il est vrai que le cas de l’Afrique du Sud est un exemple parfait d’un pays dit ‘en transition’ étant en recherche d’équilibre entre de nombreuses

dualités qui le caractérisent et qui mettent à l'épreuve la notion du milieu pour un animal standardisé.

6.1.1. La situation politique : une diversité peu assumée

Sur les plans géopolitique et macro-économique, l'Afrique du Sud est souvent qualifiée de pays émergent, en transition, en développement, non-hégémonique, etc. Les différents classements internationaux placent l'économie du pays parmi les plus dynamiques au niveau mondial et parmi les premières du continent africain, surtout grâce à son secteur financier qui contribue à plus de 20% au PIB du pays. Néanmoins, le rapport publié en 2018 par le Forum économique mondial (World Economic Forum 2018) note son recul dans le classement mondial (50^{ème} en 2012 vs 61^{ème} en 2018 sur 142 pays) et sa stagnation économique.

Le pays véhicule aussi l'image à part, unique en son genre, compte tenu du fait que l'apartheid, également jugé sans précédent dans l'histoire de l'humanité, l'a coupé politiquement pendant plusieurs décennies du reste du monde, comme le rappelle le géographe et géopolitiste Philippe Gervais-Lambony dans son livre « Afrique du Sud. Les paradoxes de la nation arc-en-ciel » (2017). La diversité des ethnies qui peuplent le pays a donné naissance au terme fédérateur « nation arc-en-ciel » d'après-apartheid en référence à des catégories héritières de l'ancien régime : noirs (80%), blancs (8%), asiatiques (indiens) (3%) et colorés (populations métissées, mélangées) (9%). La Constitution du 1996 qui reconnaît onze langues officielles¹¹³, substitue la reconnaissance positive de la diversité ethnique nationale au principe de l'ancien régime d'apartheid 'diviser pour mieux régner'. Actuellement toutes ces langues sont pratiquées dans le pays, certes dans des proportions différentes, et en théorie chaque enfant peut bénéficier de l'enseignement secondaire dans la langue de son choix. Mais les langues traditionnelles locales restent à la marge du système éducatif et l'anglais gagne du terrain car les classes moyennes émergentes choisissent la langue de la mondialisation pour mieux s'intégrer à la communauté internationale et, comme certains me l'ont avoué dans nos discussions, pour avoir une chance de quitter le pays qui va mal. La 'fuite des cerveaux' inquiète (Meyer, Brown et Kaplan 2000), les économistes notent le manque de compétences scientifiques et la pénurie d'ingénieurs dans le pays (World Economic Forum 2012). Ce phénomène n'est pourtant pas exceptionnel et reste caractéristique de nombreux pays en phase de transition politique, économique et sociale. Il

¹¹³ Zulu (22,7%), Xhosa (16%), Afrikaans (13,5%) Anglais (9,6%), Sepedi 9,1%, Setswana (8%), Sesotho (7,6%), Xitsonga (4,5%), siSwati (2,6%), Tshiwenda (2,4%), isiNdebele (2,1%) Source : salanguages.com

reste que la recherche au niveau national, et notamment dans les sciences agricoles, progresse en termes de formations doctorales, de publications du niveau international et de participations des chercheurs sud-africains dans les projets nationaux et internationaux (Mouton et al. 2019).

Philippe Gervais-Lambony pointe la persistance et même l'accentuation d'une forte dualité vingt-cinq ans après la fin de l'apartheid (2017). « L'Afrique du Sud, dit-il, a toujours deux visages. Elle appartient au monde riche, et le visiteur dans les quartiers aisés de Johannesburg ou du Cap pourra se croire aux États-Unis. [...] Par contre, si le voyageur traverse les immenses bidonvilles du Cap, alors il saura qu'il est dans le monde dit « en développement ». [...] L'Afrique du Sud, par son poids économique (son PIB dépasse largement ceux du Portugal, de la Grèce ou de la République Tchèque) s'apparente à des pays d'Europe. Mais d'autres indicateurs sont résolument « africains » : le taux de prévalence du sida (près de 20%) est un des plus élevés du continent ; l'espérance de vie à la naissance est plus basse que celle du Kenya ou de la Tanzanie. [...] L'Afrique du Sud apparaît bien comme en « entre-deux », un pays du Nord et un pays du Sud tout à la fois. »

Après son changement radical de régime socio-politique dans les années 1990, le pays est en quête des points de stabilisation aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de ses frontières. La construction de l'identité nationale fait partie du cheminement vers la stabilité politique. Le culte de personnalité comme Nelson Mandela contribue à cette construction, comme ailleurs dans des pays en situation politique similaire (Fig. 84).



Fig. 84 Les représentations de Nelson Mandela et de ses camarades de lutte sont visibles partout et sous toutes les formes.

6.1.2. L'agriculture : les productions sous contraintes

Philippe Gervais-Lambony invite le visiteur du pays à sortir des villes et à circuler dans les zones rurales pour constater leur grande pauvreté et leur forte densité de population. Mais le

monde rural en Afrique du Sud est aussi marqué par une forte dualité entre les deux axes de développement portés par l'État dans le courant du XX^{ème} siècle : agriculture de subsistance, familiale des populations d'origine africaine dans des réserves en propriété communautaire d'une part ; agriculture orientée vers le marché d'autre part, propre aux populations blanches anglophones ou afrikaners, propriétaires des moyens de production, à commencer par la terre (Ducastel et Anseeuw 2017).

Le changement de régime en 1994 n'a pas affecté de façon majeure cette dualité. Néanmoins, « les politiques de libéralisation et de totale dérégulation » menées par les gouvernements successifs ont fortement impacté la structuration et le fonctionnement du système agricole du pays. Les structures de contrôle étatique (*boards*) ainsi que les subventions ont été supprimées. « L'activité agricole obéit désormais à la loi du marché » et « le développement agricole centré autour de macroacteurs devient le paradigme de référence » (Anseeuw, Ducastel, et Boche 2012). 29 000 fermes commerciales sont répertoriées en 2016 contre 120 000 en 1950. Cette diminution s'accompagne de l'augmentation de leur taille moyenne (Statistics South Africa 2016). Les grandes exploitations agricoles s'étendent sur plusieurs centaines voire milliers d'hectares. Les fermes-firmes sont souvent organisées sur un principe de multi-production et fonctionnent comme de vraies entreprises industrielles avec une stricte division de travail en interne. Sur place, on rencontre rarement le propriétaire, c'est le ou les manager(s) qui gère(nt) les activités de production et le personnel salarié, en majorité une main d'œuvre peu qualifiée, polyvalente, issue des zones rurales pauvres et densément peuplées, dépendantes de l'agriculture de subsistance.

L'agriculture occupe une large place dans la culture et sur le territoire du pays (environ 80% de la surface) et contribue au PIB national à la hauteur de 2-3%. Aujourd'hui, selon la FAO (2016), le secteur agricole est l'un des plus dérégulés de la planète, touché par l'instabilité et l'incertitude. Les conditions climatiques aggravent la situation créée par le manque de soutien de l'État. Sachant que l'agriculture consomme 50% de ressources hydrauliques du pays, les sécheresses de plus en plus sévères (Fig. 85) mettent en péril de nombreuses exploitations notamment d'élevage.



Fig. 85 Terres agricoles de la province État Libre vues du ciel (Novembre 2017)

Par ailleurs, des attaques violentes contre les agriculteurs qui s'aggravent depuis la fin de l'apartheid font de l'insécurité un sujet de préoccupation et d'angoisse grandissante pour la profession. La source média indépendante Afriforum¹¹⁴ fait état de statistiques d'attaques et de meurtres, ainsi que de l'inaction des pouvoirs publiques. Pour de nombreux activistes ce phénomène se rapproche du génocide d'une certaine couche sociale du pays représentée par les agriculteurs blancs¹¹⁵. Des discussions avec des acteurs concernés m'ont aidée à comprendre que les fondements de cette situation sont bien plus complexes que le conflit racial. Il reste que pour autant plusieurs de mes interlocuteurs du monde agricole m'ont dit avoir été eux-mêmes, ou des proches, victimes de ces attaques violentes et tous se sentent concernés. Des mouvements sociaux, comme le « Black Monday » (Fig. 86), cherchent à attirer l'attention du gouvernement et de la communauté internationale sur ce problème. Un workshop réunissant plusieurs éleveurs et sélectionneurs a débuté quelques jours après cet évènement par une prière commune en hommage aux victimes d'attaques. Les maisons d'habitation des fermes se sont équipées de clôtures électriques à l'extérieur et de grilles métalliques à l'intérieur délimitant la zone des chambres pour protéger les habitants notamment la nuit où les attaques sont les plus fréquentes. Beaucoup possèdent tout un arsenal d'armes pour pouvoir se défendre. Sans soutien des forces de l'ordre, les agriculteurs qui vivent dans des endroits bien isolés, se mobilisent localement dans un mouvement

¹¹⁴ www.afriforum.co.za

¹¹⁵ L'expression politiquement chargée de « génocide des blancs » est fréquente dans le milieu des Boers concernés par le problème. Elle est relevée également par certains journalistes. La situation est sans aucun doute plus compliquée que cela (Pogue 2019). Des spécialistes de sécurité que j'ai eu l'occasion de rencontrer sur le terrain, s'appuient sur les chiffres et leur expérience de terrain pour dire que les agriculteurs noirs sont aussi attaqués et que l'objectif premier de ces attaques est plus le cambriolage que l'assassinat. D'autres sources insistent sur le message politique de ces attaques envoyé par le pouvoir en place aux agriculteurs blancs.

solidaire de ‘farm watching’, parfois avec des moyens conséquents comme des hélicoptères prêts à décoller à la moindre alerte. Au niveau international, la Russie propose d’accueillir les agriculteurs sud-africains qui souhaitent fuir l’insécurité dans leur pays. Certains Boers se disent prêts à partir et à investir des milliers de dollars pour installer leurs communautés agricoles ailleurs. La question de l’insécurité n’est pas sans rapport avec mon sujet. Elle touche en effet beaucoup les fermes situées autour des grandes villes comme Johannesburg et Pretoria où se sont historiquement concentrés les grands élevages bovins pour fournir du lait aux colons citadins. L’insécurité impacte donc fortement le secteur de l’élevage. Les éleveurs qui vivent dans la peur sont de fait très peu motivés à participer à une organisation collective de sélection tant promue par les généticiens, et ce malgré des préconisations des spécialistes de la sécurité qui vont dans le même sens en voyant dans la construction d’un dispositif collectif d’identification et d’enregistrement des animaux un instrument de traçabilité en cas de vol de troupeaux.



Fig. 86 « Black Monday » a été organisé le 30 octobre en hommage de fermiers tués et en protestation contre le gouvernement qui ne prend pas de mesures contre les meurtres massifs. (Mes remerciements pour la photo à RD, un des acteurs interviewés)

6.1.3. Les systèmes de production bovine : une dualité multiple

La situation économique actuelle du secteur de l’élevage en Afrique du Sud suit la tendance générale du secteur agricole. Elle est considérée comme critique à cause notamment de la sécheresse de plus en plus importante et de la crise mondiale du lait. Des éleveurs se ruinent et envoient la totalité de leur cheptel à l’abattoir. Des cas de suicide d’éleveurs sont notés sans pour autant constituer de statistiques accessibles au public. La tendance à la financiarisation de l’agriculture étudiée notamment par Anseeuw, Ducastel et Boche (2012)

est moins flagrante pour l'élevage que pour les grandes cultures céréalières et oléagineuses qui dépendent des structures d'encadrement non étatiques, comme SAFEX (South African Futures Exchange). Néanmoins, la dépendance de l'élevage du marché global se ressent dans des exemples d'investissement financier dans les troupeaux virtuels de bovins (cf. chapitre 1) ou dans la mainmise de fermes par des géants agroalimentaires comme Fonterra-Clover, Nestlé, Lactalis, etc., qui affichent leurs noms et leurs logos en grand à l'entrée des exploitations (Fig. 87) et prennent l'exclusivité de l'achat de la totalité de leur production laitière. Parmi les grandes races comme la Holstein, la Jersiaise ou croisées qui alimentent la majeure partie du marché des produits laitiers du pays, et la Ayrshire, une race minoritaire, qui occupe une niche réservée à une clientèle plutôt aisée et attentive aux enjeux de santé et d'écologie. Le lait de cette dernière est labélisé et les emballages des produits portent explicitement son nom (Fig. 88).

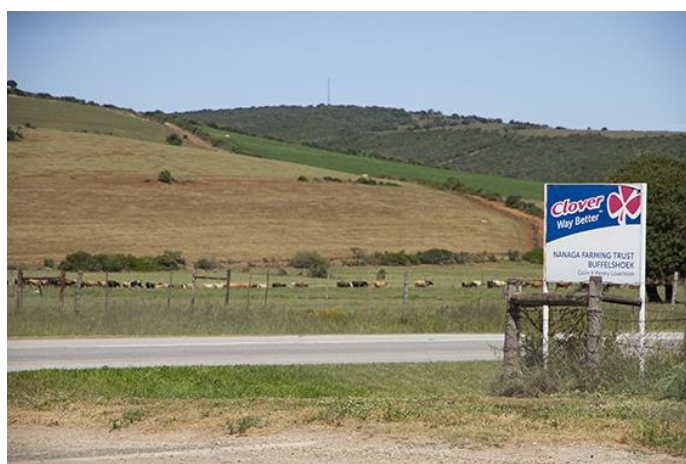


Fig. 87 L'entrée d'une ferme est marquée par une pancarte portant le nom de la compagnie agroalimentaire sud-africaine et néozélandaise Clover (Fonterra-Clover).



Fig. 88 Produits laitiers Ayrshire dans un supermarché en Afrique du Sud.

L'activité de l'élevage en Afrique du Sud est encadrée par l'Animal Improvement Act (1998), mis en place en 1977 et amendé à plusieurs reprises dont la dernière date de 1998. Cet acte législatif régule les pratiques d'enregistrement des animaux et des races, d'activités de sélection animale, d'importation et d'exportation du matériel génétique, etc. Son application pratique est néanmoins jugée défailante par les acteurs interviewés.

La taille du cheptel bovin en Afrique du Sud est officiellement estimée à 13,7 millions dont 1,3 millions (un dixième) de vaches laitières (selon les données du Department of Agriculture, Forestry and Fisheries, DAFF). Mes interviewés disent ces chiffres très approximatifs, car le cheptel non enregistré auprès des autorités *ad hoc* désignées par Animal Improvement Act (1998) – et c'est une grande partie du troupeau – est difficilement identifiable et quantifiable. Mais ces chiffres révèlent déjà deux dualités du monde contrasté des productions bovines en Afrique du Sud.

La première contraste les systèmes de production de lait et de viande. Les productions animales du pays sont principalement orientées vers la production de viande et le nombre de races allaitantes est important (33) par rapport aux vaches laitières représentées officiellement par seulement trois races internationales : la Holstein (environ 40%), la Jersiaise (environ 40%) et la Ayrshire (10%). La Guernsey et la Brune sont également présentes sur le territoire, mais sont très minoritaires et n'ont pas d'associations d'éleveurs. La production laitière de l'Afrique du Sud représente 0,5% de la production mondiale, loin des géants en la matière comme l'Inde et les États-Unis. Et la consommation interne se concentre dans les quatre grandes villes du pays : Johannesburg, Pretoria, Le Cap et Durban. Il y a une raison historique à cela. A l'époque coloniale, les Européens importaient leurs races laitières plutôt que de consommer le lait de zébus locaux qui ne correspondait ni au goût ni aux normes de qualité de ces nouveaux arrivants sur le continent africain. Cela également faisait partie, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, de la 'diplomatie bovine' coloniale qui visait à imposer la domination politique occidentale sur les peuples autochtones. Les trois races laitières importées ont ainsi assuré pendant presque les deux derniers siècles l'approvisionnement en lait de la population blanche de l'Afrique du Sud, alors que la population noire étant en grande partie intolérante au lactose privilégiait de ce fait le lait gras des zébus. Les races à viande, plus dépendantes des conditions environnementales, se sont multipliées avec des croisements divers entre animaux locaux et importés et ont contribué à constituer le patrimoine génétique et culturel de l'Afrique du Sud tel que Nguni, Bonsmara, Brahman etc. Malgré leur origine 'exotique' avouée, les races laitières ont pendant longtemps évolué

comme des races nationales, comme nous l'avons vu dans le chapitre 1 (section 1.4). L'intensification des échanges marchands de la semence bovine et plus particulièrement le processus de holsteinisation ont créé des tensions parmi les acteurs de la sélection sur la question de la valeur locale de la race globale.

Le deuxième contraste apparaît à partir des chiffres relatifs au nombre de vaches laitières dans le pays. Le caractère approximatif est notable lorsque sur le site de l'organisation interprofessionnelle 'Milk SA', nous lisons les explications :

“South Africa currently (2014) has 1834 dairy farmers. The average herd size is 353 cows in milk, with a variation of less than 15, which accounts for about 42% of herds, to several hundreds and even thousands; the latter accounting for only about 2% of herds. The number of cows in milk is then calculated as $1834 \times 353 = 647\,402$, and if one accepts that a herd consists of about 47% animals (mature cows and first-lactation heifers) in milk, the national dairy herd is about $647\,402 / 0.47 = 1.38$ million animals, which corresponds with estimates of other sources. [...] All milk produced by farmers is not entering the commercial market, but some are used at household level or sold in the immediate vicinity. This would apply to the majority of cows producing less than 10 litres per day and with herd sizes less than 15 cows. If one takes that into account milk entering the market comes from only about 1250 herds which equates to 440 000 cows in milk.”¹¹⁶

Ces approximations qui proviennent du manque de données centralisées soulignent un paradoxe¹¹⁷ du pays qui, bien qu'il possède un nombre d'animaux important sur son territoire, cherche les données dans l'espace global et mène des négociations avec les consortia internationaux afin d'établir à partir de cela sa propre évaluation génomique. En effet, l'écart entre les 1,3 millions de vaches laitières présentes dans le pays et les 440 000 issues des troupeaux commerciaux dont on peut espérer avoir des informations est important. De plus, les différences de productivité entre les vaches des troupeaux commerciaux (26 litres par jour en moyenne) et celles de l'élevage de subsistance (moins de 10 litres par jour) permettent de développer une argumentation sur l'efficacité de l'amélioration génétique et le développement du dispositif de sélection à grande échelle.

¹¹⁶ Source: <http://milksa.co.za>, consulté le 30/04/2019

¹¹⁷ Le paradoxe est perçu en tant que tel par rapport aux habitudes du monde développé dont l'Afrique du Sud semblait faire partie pendant quelques décennies. Dans les pays en développement qui ne prétendent pas à la même organisation du système de productions bovines, c'est une situation tout à fait habituelle.

Les systèmes de production laitière sont représentés par deux types d'exploitation dépendant des conditions climatiques et des traditions d'élevage régionales : extensif en pâturage dans les régions du Cap Oriental et de Kwazulu Natal ; intensif en TMR (Total Mixed Ration) dans le reste du pays. C'est le troisième contraste important qu'il faille relever car, aux yeux des spécialistes de la sélection bovine, il justifie la prise en compte de l'*interaction génotype-milieu* dans le système d'évaluation génétique du pays. L'équilibre historique entre ces deux types de production est en train de changer suivant la tendance à la concentration et à la réduction des coûts d'exploitation. Des fermes du type TMR se regroupent et développent de plus en plus d'autres types de productions agricoles, notamment des cultures fourragères pour subvenir aux besoins alimentaires des animaux et réduire ainsi les coûts d'achat des aliments à l'extérieur. Certains éleveurs des régions traditionnellement investies dans les systèmes de production TMR préfèrent changer de système de production et se réinstallent dans des régions plus propices à l'élevage extensif en pâturage. D'autres adoptent un système mixte - pâturage l'été et TMR l'hiver - dans des régions qui le permettent. Certaines zones traditionnellement agricoles et exploitées depuis des siècles par les Boers (le centre et le nord du pays) voient leurs activités d'élevage diminuer pour des raisons aussi bien climatiques (sécheresse) que politiques (insécurité). Le nombre d'animaux et la production laitière restent néanmoins stables sur la totalité du pays. Selon les données de l'Organisation des producteurs laitiers (Milk Producers Organization), le nombre d'éleveurs a diminué de 58% depuis 2009 et la production laitière par producteur a augmenté de 157% sur la même période (Milk SA 2017).

6.1.4. La vache-milieu en Afrique du Sud. L'évolution du standard de la vache avec les systèmes de production.

Les deux types de production décrits impliquent traditionnellement deux types d'animaux assez différents construits socialement, économiquement et scientifiquement et sélectionnés sur des caractères physiologiques et morphologiques corrélés à la productivité pour un système de production donné. Les fermes en pâturage privilégient les vaches de petite taille capables de marcher de longues distances et résistantes aux variations nutritionnelles saisonnières, tandis que les exploitations intensives du type TMR demandent des vaches conformes au standard américain : grandes, aux formes angulaires, dont la productivité est renforcée par un apport d'aliments concentrés. Dans le premier chapitre, j'ai montré le lien intrinsèque que la vache, même technicisée, entretient avec son environnement, obligeant à

penser leur co-dépendance et leur co-évolution. Nous avons vu une évolution progressive des systèmes de production en Afrique du Sud avec les changements politiques, économiques et climatiques. Du fait de la conversion progressive des élevages intensifs en élevages extensifs ou du moins mixtes, la vache, qui fait partie intégrante de ce milieu mouvant, change également. Dans le système TMR elle est moins productive si l'éleveur ne peut lui fournir une alimentation adéquate. Mais s'il ne dispose pas de fourrages nécessaires à l'alimentation de son bétail, c'est que les conditions climatiques (sécheresse), économiques (crise du lait, rapport coût-bénéfice entre les prix du lait bas et les prix du fourrage élevés) et sociales (habitudes de consommateurs) jouent intrinsèquement leurs rôles. En même temps, le déplacement de la vache adaptée aux systèmes TMR vers le système en pâturage est impensable, car, très fragile, elle y sera peu productive. Avec la migration progressive des systèmes TMR vers les pâturages, d'après les éleveurs et les représentants des entreprises de semence, le standard américain de la vache Holstein est de moins en moins demandé. Les vaches plus petites, moins exigeantes en aliments, plus résistantes à la chaleur et aptes à passer une partie de l'année en pâturage sont privilégiées.

Les exigences des acheteurs de lait changent également en déplaçant progressivement la priorité du volume de lait produit dont la vache Holstein issue de la sélection nord-américaine était championne, vers le taux de matière grasse dans le lait. Cela tient au fait que le marché des produits laitiers cherche à répondre à la demande des consommateurs locaux noirs souvent peu tolérants au lactose et à proposer des produits gras fermentés (« maas » en afrikaans ou « amasi » en zulu et en xhosa) traditionnellement consommés en Afrique. Cela oblige les éleveurs laitiers à faire des choix génétiques *ad hoc* pour augmenter la teneur en matière grasse dans le lait de leurs troupeaux. La race Jersiaise dont le lait est plus riche en matière grasse, prend d'ailleurs de plus en plus de valeur. Mais même les fidèles adeptes de la Holstein orientent leur sélection vers ce critère qualitatif du lait.

Avant d'analyser les pratiques de valuation des bovins laitiers dans le contexte actuel 'de transition', je propose de regarder l'histoire de la sélection bovine en Afrique du Sud. La vache Holstein-Friesland y joue, comme partout ailleurs, un rôle structurant depuis deux siècles, tout en évoluant avec les idées et les actions politiques, les ambitions économiques et les innovations technologiques.

6.2. Brève histoire de la sélection en Afrique du Sud racontée à travers la vache Pie-Noir

La race la plus productive et jusqu'à présent le plus prisée au niveau mondial a suivi les mêmes étapes de développement et de globalisation en Afrique du Sud que dans les pays occidentaux. La population des Frisonnes d'Europe y est d'abord importée et développée comme patrimoine génétique national. Elle y est ensuite holsteinisée. Je m'appuie ici sur l'ouvrage édité pour le centième anniversaire de l'association Holstein en Afrique du Sud. Le livre « SA Holstein. A century of excellence » (Wroughton et Van Niekerk 2012) rassemble des matériaux documentaires et photographiques d'archive présentés chronologiquement du début du XXème siècle à 2012. Je discute et complète ces matériaux par des entretiens avec des représentants de l'association et des éleveurs de la race Holstein en Afrique du Sud.

6.2.1. La colonisation

La vache Friesland, comme on la nomme à ses débuts en Afrique du Sud avant qu'elle ne devienne Holstein, arrive avec les colons européens à l'extrémité sud du continent africain au cours du XIXe siècle parmi d'autres races à dominance laitière (Jersey, Guernsey, Ayrshire). Les bovins jouent un rôle central dans l'histoire de l'Afrique du Sud et plus particulièrement à cette période où la politique coloniale cherche à imposer la domination européenne blanche sur les peuples autochtones (Glover 2018). Le remplacement du cheptel dont le culte fonde la vie spirituelle des ethnies locales par les races européennes fait partie de cette politique. L'épisode historique connu sous le nom de Cattle Killing Movement est emblématique de l'histoire des conflits coloniaux en Afrique du Sud. En 1856-1857, le peuple autochtone Xhosa abat la quasi-totalité de son cheptel (de 150 000 à 200 000 animaux). Des chefs spirituels ont largement répandu la croyance selon laquelle, en tuant toutes les vaches sans exception, on ferait revenir les ancêtres de l'au-delà avec de nouveaux troupeaux qui aideraient à vaincre les Anglais et à libérer le peuple Xhosa. Les historiens ne sont pas unanimes sur les raisons d'une telle tuerie qui a provoqué une famine et la mort de plusieurs dizaines de milliers de personnes affaiblissant considérablement la résistance des Xhosa aux Anglais. Selon John Zarwan (1976), elle a été encouragée ou du moins pas empêchée par les gouverneurs britanniques qui l'auraient considérée comme potentiellement profitable à la politique de la colonie. Plus tard, après la Seconde guerre des Boers (1899-1902) et à la signature de l'acte d'union, les Britanniques déploient différentes stratégies pour construire un état unifié. Les vaches sont de nouveau appelées à jouer leur rôle 'diplomatique'. En 1905 un groupe d'éleveurs crée le premier livre généalogique d'Afrique du Sud (South African Stud

Book ou SA StudBook) et une association pour gérer les inscriptions des animaux. Cette première institution bovine sur le continent africain cherche à appliquer la doctrine de Bakewell qui commence à se répandre dans tout l'empire britannique (cf. le chapitre 1). Elle répertorie dans un premier temps tous les bovins quelle que soit leur race avec l'objectif politique de réunir tous les éleveurs blancs sous l'égide d'un projet national. A la même époque on commence à officialiser les ventes aux enchères des animaux. En 1910, J.W. Roderick, le fondateur de la première maison de vente aux enchères lance la tradition des ventes annuelles. Les premières années, les taureaux de race Friesland obtiennent les meilleurs prix parmi d'autres taureaux et la réputation de la race commence à monter. J.W. Roderick est également à l'origine des concours de troupeaux qui prennent en compte les généalogies des animaux et leurs productions. En 1912, la première compétition organisée récompense le troupeau des Friesland. La même année, des éleveurs de la race décident de créer leur propre association pour mieux gérer son développement et protéger leurs intérêts. Ainsi la première Association sud-africaine d'éleveurs de race pure - la *Friesland Cattle Breeders' Association of South Africa* - voit le jour en Afrique du Sud avec son siège à Bloemfontein où il se trouve jusqu'à nos jours. Deux ans plus tard, I.C.G. Van Den Bosch, l'expert néerlandais de la race, est invité pour faire un état des lieux des élevages de Friesland en Afrique du Sud. Il juge inacceptable que les animaux soient inscrits dans le livre généalogique sans aucune expertise préalable par un spécialiste formé. Il préconise donc à l'Association des éleveurs d'éditer son propre livre généalogique spécifique à la race et d'inspecter les animaux avant de les y enregistrer. Ceci est acté par l'Association en 1915. Ainsi, le standard de la race Friesland sud-africaine est progressivement mis en place et géré au sein de sa propre association, la seule à se séparer de SA StudBook et à occuper depuis une place à part dans le système national de sélection. Les tensions politiques entre ces deux institutions persistent encore et traduisent leurs divergences de vue sur les modalités de gestion et d'évaluation génétique des animaux.

La popularité de la race Friesland grandit en Afrique du Sud. L'ouvrage de Wroughton et Van Niekerk (2012, p. 12) rend ainsi hommage à J.W. Roderick :

“The value of the Friesland to country was incalculable; breed's popularity was second to none and was regarded as the major asset of the livestock industry. Apart from the great South African breeders [...] of the early twentieth century one of the fingers pointing to those who put the Friesland on the map must point to 'JWR.'”

Lors des ventes aux enchères organisées par J.W. Roderick, les prix des taureaux Friesland augmentent de manière exponentielle d'une année sur l'autre et témoignaient de cet envol de popularité. Le taureau Friesland le plus cher de la vente du 1910 est vendu à 51 livres sterling. Le champion du 1912 est cédé à 121 livres et celui du 1918 à 3200 livres. En 1920, le taureau qui détient le record du prix en Afrique du Sud et qui obtient le statut de taureau le plus prépotent¹¹⁸ de toute l'Afrique est vendu 7750 livres sterling.

6.2.2. L'institutionnalisation du standard national SA Friesland

En 1922 l'Association estime que la race Friesland sud-africaine est suffisamment mûre pour défendre son standard à une vente aux enchères en Grande Bretagne. 39 mâles et 64 femelles avec les meilleures généalogies sont envoyés par bateau en Angleterre et y sont vendus avec succès. Parmi eux le taureau Malthus Terling, déjà mentionné, qui est devenu célèbre pour avoir contribué à 6% au patrimoine génétique de la race dans tout le Royaume Uni.

A partir de ce moment, on peut considérer la race Friesland comme race nationale qui fait la fierté du pays. En 1924, le premier numéro du *South African Friesland Journal* énumère ses mérites comparés :

Frieslands are by far the most numerous dairy breed in South Africa.

Frieslands hold all records for Butterfat and Milk production in all recognized classifications.

Frieslands are the breed which have produced 81 per cent of the cows credited with producing over 1 000 lbs of butterfat in one year.

Frieslands are the only breed which have produced 30 000 lbs of milk in one year.

With other breeds they are uncommon.

Les garants du standard (juges de concours) de la Friesland se sont professionnalisés. Des formations *ad hoc* ont été mises en place avec une sélection drastique des candidats. En 1924, le premier examen en a retenu seulement deux sur douze. Les concours et les ventes aux enchères sont donc devenus des moments récurrents et importants, qui développent visuellement, institutionnellement et professionnellement le standard national de la race et le valident économiquement. Les portraits d'animaux champions aussi bien que de leurs propriétaires fleurissent dans la presse nationale. Les critères du standard et leurs évolutions

¹¹⁸ La prépotence est la capacité de transmettre le génotype et le phénotype à la descendance.

sont rediscutées annuellement lors des assemblées générales de l'Association Friesland SA. Dans la seconde moitié du XXe siècle, l'école des juges de la race Friesland commence à dispenser des cours dans d'autres pays africains, par exemple, en Zambie dans les années 1980, où le standard de race s'institutionnalise à son tour au travers des organisations d'éleveurs, des concours et des ventes aux enchères.

La diplomatie bovine s'est mise en route pour promouvoir la race Friesland SA aussi bien à l'intérieur du pays qu'à l'international. Notamment, au début des années 1940, suite à une importante vente aux enchères internationale, un don est fait à la Fondation de soutien des Pays-Bas (Netherland Relief Fund). Une partie de la somme doit être utilisée pour reconstituer le livre généalogique mondial des Frisonnes et une autre pour financer la formation d'étudiants boursiers à l'Université de Wageningen. Des cadeaux sous forme d'animaux Friesland sont faits aux gouvernements des bantoustans et des pays du voisinage comme le Lesotho ou l'Angola. Pour autant, les importations des animaux frisons en provenance des Pays-Bas, de l'Angleterre, des États-Unis ou du Canada n'ont jamais cessé et ont même été encouragées par l'Association Friesland SA. Ainsi, la Friesland locale suit, même si avec du retard, les mêmes tendances d'évolution que d'autres branches de la Frisonne, et notamment la holsteinisation. De ce processus témoignent les changements du nom de l'Association des éleveurs de cette race. En 1990, la Holstein s'est ajoutée à la Friesland pour former le nom composé : 'SA Holstein-Friesland Society' (SAHFS). Et en 1998, elle a complètement destitué la Friesland et l'association s'appelle dorénavant 'SA Holstein'.

En 1977, une législation sur les activités de sélection animale se met en place en Afrique du Sud sous le titre d'*Animal Improvement Act*¹¹⁹. Avec cet Acte, l'association Friesland (SA Holstein-Friesland Society et enfin SA Holstein) a reçu le statut officiel de l'organisation responsable de toute évolution de la race en Afrique du Sud. Elle occupe jusqu'à maintenant une place à part parmi d'autres associations de races enregistrées de leur côté sous le chapeau de SA Studbook. SA Holstein prend ainsi ses propres décisions quant aux modalités d'évaluation et de sélection et se retrouve souvent en avant-garde des innovations technologiques susceptibles faire 'progresser' la race.

¹¹⁹ Equivalent aux actes législatifs d'autres pays, comme la Loi sur l'élevage de 1966 en France.

6.2.3. La technologisation de la sélection : « l'ère la plus importante dans l'industrie de l'élevage de race pure »

Le développement technologique et scientifique pour l'amélioration génétique en Afrique du Sud suit, avec un léger décalage d'une dizaine d'années, les évolutions des grands pays occidentaux. Comme partout, c'est la race Frisonne Pie-Noir (Friesland en Afrique du Sud) qui accueille en premier les innovations technologiques. Selon les comptes rendus des assemblées générales de l'Association Friesland, ses représentants sont régulièrement invités par leurs homologues d'autres pays et assistent aux événements professionnels nationaux et internationaux organisés notamment par la World Holstein-Friesian Federation (WHFF). Ils en rapportent des informations sur les innovations qu'ils présentent à leurs confrères. Ainsi, en 1955, le Président annonce « deux grands pas vers le progrès des productions laitières en Afrique du Sud » : l'insémination artificielle et le contrôle laitier :

“The newly appointed Artificial Insemination Board met in Pretoria and as a result of this meeting, regulations will be gazette for registering AI centres in South Africa and for registering trained inseminators and bulls.

The Board also approved the establishment of a South-African semen bank. The semen in such a bank would be preserved by deep freezing.

Dr. F. N. Bonsma, who was elected chairman of the Board, said that his division was doing its utmost to expand milk recording services in South Africa.”

En 1958, de la même manière, les éleveurs sud-africains apprennent l'existence de tests de parenté à partir de l'analyse d'un échantillon sanguin. En 1977, le vétérinaire sud-africain KH, issu d'une famille d'éleveurs est le premier du pays à pratiquer le transfert d'embryons. Il deviendra également par la suite le pionnier de la sélection génomique dans le pays, rôle dans lequel je le présenterai plus loin.

Au fur et à mesure, le contenu scientifique des réunions des assemblées générales de l'Association s'affirme jusqu'à créer son propre espace sous la forme d'un congrès annuel où interviennent les chercheurs reconnus sur des questions liées, non plus seulement aux critères morphologiques du standard de la race, mais également à la physiologie et progressivement à la génétique des animaux. Les pratiques d'élevage et de sélection sont dorénavant regardées au prisme des connaissances scientifiques. Un comité de diffusion des connaissances et des

bonnes pratiques (Propaganda Committee) est créé auprès de l'Association dès 1966 pour impliquer plus largement les éleveurs à la production du progrès.

La pratique du testage sur descendance commence au début des années 1970 avec l'informatisation, subventionnée par l'État, de tout le système de contrôle de performances, moment qui sera qualifié dans le compte rendu de 1972 de début de « l'ère la plus importante dans l'industrie de l'élevage de race en Afrique du Sud ». Néanmoins, il a fallu attendre presque 20 ans avant que les méthodes de calcul des valeurs génétiques (EBV) soient élaborées et validées par les scientifiques de l'ARC et de l'UFS. En 1993, la méthode BLUP et le 'modèle animal' d'évaluation (cf. paragraphe 2.1.4. du chapitre 2) sont présentés à l'assemblée générale de l'association qui approuve la mise en œuvre de cette pratique d'évaluation des caractères morphologiques chez les animaux Holstein-Friesland. Le fait que soient d'abord visés les caractères morphologiques et non les caractères de production comme c'était le cas dans beaucoup d'autres pays, en dit long sur l'importance de l'aspect visuel du standard de la race pour les éleveurs sud-africains. Comme nous le verrons, l'appréciation visuelle, le jugement à l'œil ou la visualisation « physique » (selon différentes expressions des acteurs) continue d'occuper une place primordiale dans les pratiques de sélection en Afrique du Sud. L'année suivante, en 1994, le pays devient membre d'Interbull et intègre l'espace international de commensuration des valeurs génétiques dès son ouverture, cette fois pour les caractères de production.

6.2.4. Le 'centre de calcul' comme une pomme de discorde politique

Le changement du régime politique et ses conséquences en termes de dérégulation des dispositifs publics de la recherche ainsi que la crise économique qui a touché les éleveurs, ont progressivement éteint la dynamique collective nationale engagée dans l'amélioration génétique des bovins laitiers. Assez parlant à cet égard le conflit institutionnel majeur qui a touché l'ARC en tant qu'opérateur du programme de sélection. Au moment de mon enquête en 2017-2018, il n'était pas encore résolu au point que ses protagonistes avaient du mal à en parler dans les interviews. En 2012, pour des raisons politiques de la discrimination positive d'après apartheid, l'équipe de généticiens quantitatifs qui avaient mis en place l'évaluation génétique quitte l'ARC. Cette équipe constituait le 'centre de calcul' national : elle avait toutes les compétences nécessaires en modélisation et assurait le lien, d'un côté avec les éleveurs comme fournisseurs de données et destinataires de l'évaluation, et de l'autre avec l'espace international de la sélection bovine représenté par Interbull. Cette équipe a été

accueillie par SA Studbook, l'organisation historique responsable des livres généalogiques des races sud-africaines chargée par l'Animal Improvement Act d'enregistrement des animaux d'élevage toutes espèces confondues¹²⁰. Organisation coopérative historique des éleveurs, SA Studbook a ainsi acquis une nouvelle compétence en devenant le centre de calcul national. Il réalise non seulement les évaluations génétiques, mais assure également la liaison avec les institutions internationales comme ICAR et Interbull. La base de données nationale INTERGIS gérée historiquement par l'ARC copiée par les généticiens au moment de leur départ pour SA Studbook, est devenue ainsi la pomme de discorde entre les deux institutions. Un procès engagé en justice par l'ARC a duré trois ans pour se terminer en décembre 2017 en donnant raison à l'ARC et en obligeant SA Studbook à mettre les données dans la base nationale commune INTERGIS dont l'ARC est l'unique responsable. Le communiqué officiel de la décision du tribunal stipule :

“The Agricultural Research Council and SA Studbook have pleasure to confirm that they settled their disputes. The settlement which has been made an order of Court is in the interest of the South African livestock industry as a whole to ensure sustainable growth and development and ultimately food security.

To arrive at the settlement agreement, both parties had to compromise and agreed to co-operate in the interest of the South-African livestock breeders and farmers for sustainable agricultural development to ensure national food supply as well as competitiveness of the agricultural sector.”

Ce conflit politique a été perçu par les acteurs comme un problème technologique qui, d'après eux, a beaucoup ralenti le développement des productions bovines au niveau national et a mis en péril la participation de l'Afrique du Sud au marché international de la génétique bovine. Notamment, le retard dans la mise en place de la sélection génomique a été, selon eux, accentué par ce conflit et l'absence de coopération conduisant au dédoublement de la base de données.

En attendant, l'ARC a acquis quelques compétences en génétique quantitative en envoyant plusieurs chercheurs se former à l'étranger¹²¹. Il peut dorénavant redevenir l'opérateur de

¹²⁰ Rappelons ici que l'association de race Holstein SA n'est pas membre de SA Studbook et a sa propre organisation historique. Néanmoins, les deux organisations ont établi un contrat à part pour l'enregistrement des animaux Holstein dans la base de SA Studbook.

¹²¹ Notamment, LM, actuellement responsable du laboratoire d'évaluation génétique d'ARC, a suivi sa formation à l'Institut National des ressources naturelles de Finlande auprès du professeur EM qui de son côté est

l'évaluation nationale. Néanmoins, une question reste pour l'instant en suspens : comment cette compétence sera-t-elle répartie entre l'ARC et SA Studbook qui continue de son côté à réaliser les calculs des valeurs génétiques ? Problème d'autant moins résolu que le projet de mise en place de la sélection génomique chez les bovins laitiers n'avance pas très vite compte tenu de l'intérêt très faible des éleveurs.

6.3. La diplomatie scientifique sud-africaine pour la mise en place de la sélection génomique

“We want to bring us into the genomic era. That is really commercially and politically important for us. For our country, I mean.” (entretien FN)

“South Africa has a competitive advantage in Africa having adapted breeds to prevailing African conditions and pests. As countries in Africa invest in the development of their agricultural sectors, SA can play a strategic role in supplying the African market with appropriate genetic material and technologies. South Africa has the potential to grow the livestock industry significantly and could ultimately become a net exporter of high quality genetic resources” (extrait du projet de la mise en place de la sélection génomique déposé pour le financement à l'Agence d'innovation d'Etat (Technology Innovation Agency ou TIA))

Les acteurs académiques considèrent que la sélection génomique est d'intérêt national. S'ils en sont convaincus, tel n'est pas le cas de tous à l'intérieur du pays. Dans cette section je suis les démarches diplomatiques des généticiens auprès des acteurs nationaux ainsi qu'au sein de leur réseau international.

6.3.1. La diplomatie interne : convaincre les éleveurs.

Il faut avant tout convaincre les éleveurs laitiers des bienfaits de la sélection génomique :

“Yes, farmers don't mind about that. But again, that is the lack of knowledge and education. The problem is, I think, sometimes they lose perspective when they start to

scientifiquement impliqué dans les réseaux internationaux d'Interbull et Eurogenetics et partage les convictions des généticiens européens.

buy semen. And then, they will listen to people who have an interest in selling more semen. They don't think long term.” (entretien FN)

“It's very difficult in the dairy world. I think the marketing of the AI companies is contradictory to real science.” (entretien JVDW)

“They must convince themselves that you are right. So you must feed them the right tools to make them think what you believe is right. Don't fight them, educate them.”
(entretien AS)

Le modèle linéaire de diffusion des innovations entre la science et les utilisateurs est toujours bien ancré dans les esprits et maintient la distinction entre les créateurs et les promoteurs ‘sachant’ et les utilisateurs ‘ignorants’ qu’il faut éduquer et convaincre d’accepter l’innovation. J’analyse ici la position des éleveurs qui sont parties prenantes de ces débats sur la génomique comme co-constructeurs des innovations.

Comme nous l’avons vu dans le chapitre précédent, une raison de la faible adhésion des éleveurs laitiers au projet génomique est de manière générale leur méfiance vis-à-vis des évaluations locales. Les généticiens cherchent à corriger cette situation en introduisant la notion d’*interaction génotype-milieu* dans la méthode d’évaluation. Ils parient sur l’amélioration de fiabilité de valeurs génétiques pour les adapter au contexte de forte dualité des systèmes de production du pays. Ils espèrent regagner ainsi la confiance des éleveurs, faire renaître l’industrie de production de la semence locale et construire avec eux la sélection génomique nationale.

“I hope the research we are currently doing will be able to convince different service providers to basically distinguish between different environments of production. And to provide the different environments with different breeding values.” (entretien FN)

“My project aims to look how to include climatic variables to calculate breeding values of animals for different regions. Animals have maybe breeding value for one environment and a different breeding value for another environment. I know that service providers in SA do not want that at all. They are scared of how that will be received by farmers.” (entretien MVN)

Précisons que la mise en œuvre de la sélection génomique est différente entre les secteurs laitier et de la viande. Les éleveurs des troupeaux allaitants ont pris eux-mêmes dès 2012 l'initiative à travailler avec les généticiens de l'ARC, d'UFS et de l'Université de Pretoria. Ensemble, ils ont déposé le Beef Genomic Project auprès de la Technology Innovation Agency (TIA) pour financer les génotypages. Ce projet a été retenu à condition qu'un projet symétrique soit monté pour les bovins laitiers. Mais les éleveurs laitiers ne se sont pas montrés aussi motivés que leurs confrères. Certes, c'est la question de partage de données du contrôle de performances qu'ils considèrent comme leur propriété privée et ne souhaitent pas partager avec l'État qui ne leur apporte aucune aide. Mais c'est aussi et surtout la question de ne voir simplement aucun intérêt dans la mise en place de la technologie génomique au niveau national, car ils ont accès à des ressources génétiques et leurs valeurs génomiques sur le marché global :

“South Africa doesn't need its own genomic evaluation. Not enough population, not enough reliability, no market for local genetics. Import is the best solution. And the best bulls are definitely in North America.” (discussion avec Andrew, éleveur-sélectionneur du Cap Est)

C'est aussi une question des priorités pour le pays dont la politique ne satisfait pas les agriculteurs :

“With this money they can build thousands of houses, hospitals. Build railway. People will be busy. It will be less farmer's murders. Invest into the security. It would be much bigger benefit for people, for country than with your bloody genomics. To do what? To say in 20 years that now I don't look at Dutch figures, but I look at South-African figures? I think about farmers' murders. Farmers in SA have the highest rate of murders of any population in the world.” (entretien RD)

Le conflit entre l'ARC et SA Studbook allait dans le même sens. SA Studbook refusait le partage des données qu'il disait appartenir à ses clients les éleveurs. Un des professeurs d'UFS témoigne :

“At that stage, I tried to convince different parties to work together but it didn't happen. If they did work together we could have access to all this information and start the genomic program in 2012 already.” (entretien FN)¹²²

Comme je l'ai déjà évoqué, les différences d'implication et de motivation pour un tel projet collectif entre les éleveurs de bovins allaitants et des bovins laitiers tiennent au fait que l'Afrique du Sud est importateur net du matériel génétique pour les races laitières et le producteur de sa propre génétique pour les races à viande. De plus, les éleveurs de bovins allaitants, plus nombreux, ont une capacité organisationnelle plus importante que leurs confrères du secteur laitiers, ce que m'ont confirmé les deux jours de formation sur la génomique organisés à l'UFS. Un seul représentant de la race laitière Ayrshire était présent parmi une trentaine de participants. Les éleveurs laitiers qui ont déjà accès à la génomique par les importations, estiment ne pas avoir besoin d'en savoir davantage, à l'exception de quelques éleveurs-sélectionneurs désireux d'une compréhension approfondie de cette innovation pour leurs troupeaux.

Grâce aux efforts 'diplomatiques' des généticiens, le programme de génomique des bovins laitiers Dairy Genomic Project (DGP) a été monté et également financé par le TIA pour génotyper les animaux sur la plateforme biotechnologique créée sur la base d'ARC à proximité de Pretoria. Les financements sont conditionnés à la réalisation des génotypages uniquement sur cette plateforme afin de soutenir l'opérateur national. Néanmoins, plusieurs éleveurs intéressés la génomique pour leurs troupeaux ont la possibilité de faire appel à leurs frais à d'autres fournisseurs de service de génotypage à l'étranger.¹²³

Deux généticiens (parmi ceux que j'ai rencontrés) s'investissent principalement dans la médiation génomique auprès du public du secteur laitier. Le professeur FN de l'UFS et docteur JVDW de SA Studbook. Ils organisent des sessions de formation en invitant des intervenants de renom en la matière. Ils discutent avec les éleveurs-leaders et avec les associations de races. Ce sont eux aussi, comme nous le verrons plus loin, qui font le lien avec le réseau international. Les chercheurs de l'ARC, malgré le statut de l'institution nationale, s'engagent très peu dans la 'mission diplomatique' auprès des acteurs. L'ARC semble avoir

¹²² Souvenons-nous qu'une des motivations stratégiques de VD à établir une collaboration avec FN dans le cadre du projet GENOSOUTH était sa position neutre dans le conflit institutionnel des deux organisations.

¹²³ C'était notamment une des motivations dans le projet de rachat du centre d'insémination local Taurus par la coopérative française Évolution. Évolution ayant acquis la plateforme de génotypage française Labogena, pensait pouvoir fournir ce service aux éleveurs locaux à des prix compétitifs.

du mal à rétablir la relation avec les éleveurs d'un côté et Interbull de l'autre, qu'il a perdue lors de la migration de la compétence d'évaluation vers SA Studbook.

Au moment où je terminais mon enquête en Afrique du Sud, le programme BGP pour les bovins allaitants allait être reconduit pour trois ans. L'avenir du programme DGP pour les bovins laitiers était très incertain. La dynamique collective autour de la sélection génomique avait du mal à se mettre en place. Les éleveurs laitiers, dont les arguments seront présentés dans la section suivante, n'ont pas montré un intérêt accru pour ce projet national.

6.3.2. Diplomatie internationale : trouver des alliances

Comme je l'ai déjà indiqué, l'Afrique du Sud fait partie du réseau international de la sélection établi autour d'ICAR pour les standards de l'identification et du contrôle laitier et autour d'Interbull pour l'évaluation génétique des bovins laitiers. Le pays, parmi bien d'autres, a été marginalisé dans la dynamique du marché global au moment où quelques grands pays ont mis en place la sélection génomique. Les 'petits' pays, parmi lesquels l'Afrique du Sud, ont ainsi commencé à déployer leur diplomatie au sein de l'espace international pour créer des alliances utiles, bénéficier des avantages de la génomique et se remettre sur un pied d'égalité avec les 'grands' pays.

Dans le paragraphe 4.2.3 du chapitre 4, j'ai présenté l'initiative du consortium Intergenomics Holstein qui visait la mise en place d'une population de référence commune entre les 'petits' pays pour qu'ils puissent ainsi bénéficier des évaluations génomiques. C'est JVDW, directeur actuel de SA Studbook, qui y assure la représentation de l'Afrique du Sud, secondé parfois par sa collègue BM responsable des évaluations génétiques. Il œuvre depuis les années 1990 à l'intégration de l'Afrique du Sud dans les réseaux internationaux. C'est lui qui, étant alors à l'ARC, a travaillé à la mise en conformité du système sud-africain de contrôle de performances avec le standard d'ICAR où il a eu des missions diverses d'animation de groupes de travail et de coordination de projets. C'est lui qui a créé le 'centre de calcul' de l'évaluation génétique sud-africaine et a signé l'adhésion de l'Afrique du Sud à Interbull en 1994. C'est lui qui a quitté l'ARC avec son équipe pour rejoindre SA Studbook en 2012 en intégrant cette organisation dans le réseau international. Dorénavant c'est donc SA Studbook qui assure le lien institutionnel entre le pays et l'espace global de la sélection bovine.

Un autre ambassadeur de la sélection génomique sud-africaine à l'international est le professeur FN de l'UFS. C'est lui qui est impliqué dans le projet GENOSOUTH et qui mise

sur le lien avec le consortium Eurogenomics pour aider l’Afrique du Sud à établir sa propre population de référence en fournissant les données génotypiques manquantes.

Ces deux acteurs suivent des voies différentes en vue du même objectif : faire bénéficier leur pays des évaluations génomiques pour devenir autonome sur le marché global des ressources génétiques bovines. Mais ils utilisent les stratégies différentes qui conduisent à des agencements différents dans l’avenir. La première stratégie de la ‘coopétition d’opportunité’ (cf. paragraphe 4.2.3), vise la co-construction d’une communauté internationale pour la gestion collective des ressources informationnelles et leur utilisation paritaire. La seconde, s’appuyant sur les intérêts de la diplomatie scientifique européenne, vise l’accès à des données pour ensuite les gérer au niveau national.

Ces deux voies ont eu des points de départ différents et semblent jusqu’à présent en grande partie s’ignorer. Du moins, lors des interviews, chacun des deux acteurs principaux - qui se connaissent par ailleurs très bien - dit ne pas connaître ou avoir seulement vaguement entendu parler du projet de l’autre. S’il n’était pas intentionnel au début, le choix de poursuivre ces deux voies distinctes semble être aujourd’hui assumé. Une telle logique opportuniste paraît tout à fait justifiée dans la situation d’incertitude que connaît l’Afrique du Sud :

“South Africa needs to participate in all of that. We cannot not to participate. Something can just happen maybe and we are out of all. Political favor can change overnight.” (entretien FN)

Les généticiens sud-africains qui poussent la techno-politique nationale à mettre en place son propre système de sélection génomique, s’inscrivent pleinement dans la logique scientifique que nous avons observée depuis le début de cette thèse : donner aux éleveurs et aux sélectionneurs des outils de marchandisation de la génétique bovine, mais au travers de la création d’une valeur locale pour une gestion plus durable de la sélection dans le contexte de la globalisation. Cette techno-politique se révèle difficile à appliquer chez la Holstein, race la plus globalisée et la plus marquée par les intérêts privés des entreprises de production de semence. Pourtant, c’est bien de la Holstein qu’on a besoin en tant que race ‘modèle’, race ‘test’ pour mettre en œuvre les technologies d’évaluation.

En attendant une ‘vraie’ évaluation génomique à l’échelle du pays, les généticiens sud-africains appliquent diverses méthodes mathématiques (ce qu’un des acteurs interviewés a appelé le ‘tripatouillage’ (« massaging ») de données pour pouvoir évaluer les animaux locaux. Ils proposent ce service aux éleveurs qui commencent à génotyper leurs animaux. En

utilisant ce même réseau international d'Interbull et de consortia génomiques, JVDW avec sa collègue BM de SA Studbook ont mis en place une chaîne de 'traduction' suivante. Ils envoient des échantillons biologiques (poils, sperme ou sang) dans des laboratoires de génotypage du monde entier : aux États-Unis, en Irlande, en France, etc. – là où le coût est plus faible qu'en Afrique du Sud. Ensuite, les résultats de ces génotypages sont envoyés au CDN (Canadian Dairy Network) avec lequel ils ont signé un contrat d'analyse de données sur l'échelle canadienne. Enfin, les valeurs canadiennes des animaux sud-africains sont traduites en échelle locale à l'aide des formules de conversion d'Interbull que nous avons vues dans le paragraphe 3.2.1. du chapitre 3.

“I talked to a lot of people at Interbull and I asked: “Can this work?” And they said: “Yes, why don't you try this?” Obviously, you know, it's a compromise. Obviously if Intergenomics consortium works one day, you don't need that. You can do it another way.” (entretien JVDW)

Ce compromis calculatoire fait évidemment baisser la fiabilité des évaluations. Souvenons-nous que les formules de conversions mises en place au niveau d'Interbull étaient déjà à l'époque jugées très peu précises. Si les généticiens de SA Studbook ont obtenu quelques clients avec cette méthode d'évaluation approximative, c'est que ces clients sont surtout les éleveurs des races telles que la Jersiaise ou Ayreshire qui historiquement ne sont pas habitués à la haute fiabilité des prédictions que connaît la race Holstein. Les éleveurs qui font partie de l'Association SA Holstein n'adhèrent pas à ce 'bricolage' et préfèrent les valeurs génomiques annoncées par les entreprises de semence étrangères avec les coefficients de fiabilité élevés.

6.4. L'évaluation génomique 'Do It Yourself' sur le marché de la semence

Pendant que les généticiens essaient d'améliorer les pratiques d'évaluation génétique locale en Afrique du Sud en les connectant à l'espace numérique global, les circulations marchandes des ressources génétiques ne s'arrêtent pas dans le pays. L'Animal Improvement Act, comme j'ai déjà mentionné, encadre depuis 1977 l'activité de sélection animale dans le pays. Il est notamment censé réguler les circulations marchandes des ressources génétiques. Tout matériel génétique (animal, semence, embryon, etc.) peut faire objet d'un acte publicitaire, être commercialisé et utilisé seulement s'il est enregistré auprès des autorités *ad hoc* (associations de races, notamment) selon les critères établis par les personnes juridiques

également enregistrées dans le registre des métiers et autorisées à exercer ces activités dans le pays. Comment alors ces acteurs qualifient les produits génétiques en absence d'outils d'évaluation reconnus par tous ? Comment se retrouvent-ils dans une grande diversité, voire disparité, des standards d'évaluation proposés sur le marché ? Sur quels critères s'entendent-ils dans leurs échanges marchands ? Comment localisent-ils la vache globale en l'adaptant à leurs besoins ?

Etudiant les pratiques des éleveurs de la race Brune dans les régions montagneuses d'Italie, l'anthropologue Christina Grasseni (2005) a relevé l'importance de la perception visuelle dans leur construction de la vache locale idéale. C'est toujours dans les concours que les éleveurs traditionnels créent leur propre standard de la vache adaptée aux pâturages en haute montagne sur fond d'un standard global de la race diffusé dans plusieurs pays et disposant d'un espace d'évaluation internationale avec Interbull, comme nous l'avons vu dans le chapitre 4. Dans les pâturages alpins, la vache Brune est plus petite, de forme plus arrondie, plus rustique que le standard international ne le prescrit. Les pratiques de valuation visuelle et morale des éleveurs aident, d'après Grasseni (2005) à faire 'atterrir'¹²⁴ la valeur abstraite de la vache globale dans un milieu donné. On retrouve ces mêmes pratiques de valuation visuelle chez les éleveurs en Afrique du Sud où elles restent ancrées dans des traditions vieilles de plusieurs décennies. Dans le cas de la Holstein notamment, compte tenu des différents systèmes de production et des modes de consommation, l'appropriation du standard international (lire : américain) varie beaucoup entre les acteurs. La différence entre les deux pays est que l'Italie possède son propre marché national des ressources génétiques, son propre système de sélection et sa propre échelle d'évaluation génétique et génomique commensurée à d'autres échelles via Interbull. Autrement dit, en achetant la génétique à l'étranger, on connaît sa valeur sur l'échelle locale. L'Afrique du Sud est en revanche importateur net de ressources génétiques des bovins laitiers, ne possède pas d'évaluation génomique et son système d'évaluation génétique est jugé très peu fiable en Holstein¹²⁵. Alors, en suivant Bruno Latour et ses « Vues de l'esprit » (2006), je pose la question du poids et du sens qu'on peut accorder aux pratiques visuelles dans une situation concrète, en l'occurrence lors de la création de la valeur locale de la vache en Afrique du Sud. Comment la « culture de l'œil » intervient ici dans l'application des méthodes dites 'modernes' d'évaluation bovine ? Les pratiques observées de la sélection

¹²⁴ Selon l'expression de Bruno Latour (2017)

¹²⁵ Cela concerne particulièrement la race Holstein, car c'est la race qui bénéficie des technologies modernes d'évaluation depuis plus longtemps que les autres races. Les éleveurs et les sélectionneurs de la Holstein sont donc habitués à une fiabilité des évaluations de 80-90%. Pour les autres races, l'indice de fiabilité de 60% est une chose commune.

locale en Afrique du Sud combinant des bouts de valeurs génomiques en provenance des systèmes d'évaluation étrangers, des « tripatouillages » calculatoires de données par les modélisateurs locaux et l'évaluation visuelle des éleveurs et des conseillers commerciaux se rapprochent des pratiques 'Do It Yourself' (DIY). Allant d'une simple passion de bricolage à une marque sociale et culturelle d'alter-mondialisme, les significations de la notion DIY sont aussi nombreuses que nombreux sont les domaines de son application. De la fabrication des meubles dans son jardin ou de la réparation de son vélo aux domaines hautement scientifiques comme la biologie et la génétique en passant par des activités artistiques et par le hacking des réseaux informatiques, les pratiques DIY constituent de plus en plus l'objet d'études en SHS pour leur capacité de façonner les rapports systémiques en société. Ces communautés sont nombreuses dans différents domaines et plus ou moins structurées (M. Meyer 2012). Le concept DIY qui les unit est porteur des revendications d'accès aux outils et d'une volonté de contourner ou d'une impossibilité de prendre la « voie unique » et/ou la plus évidente (McKay 1998). Dans ce sens, l'appropriation de la sélection génomique tant souhaitée par les acteurs des pays en développement mais chassée gardée pour le moment de quelques pays développés, leur ouvre de tels chemins contournés et des possibilités de 'bricolage' des valeurs locales à partir de ce qui se trouve sur le marché global.

Après avoir présenté au lecteur les acteurs sud-africains du marché de la semence, j'analyserai ces pratiques de visualisation qui les aident à construire leur animal idéal correspondant à leurs besoins économiques et porteurs de leurs valeurs culturelles.

6.4.1. L'organisation du marché de la semence en Afrique du Sud

En Afrique du Sud, 60% des vaches laitières enregistrées officiellement auprès des associations de races sont inséminées artificiellement (vs 4% de vaches allaitantes). Bien que cela représente un faible taux, surtout en comparaison avec les pays développés où la quasi-totalité des vaches laitières sont issues d'insémination artificielle, la reproduction et l'amélioration génétique dépendent en grande partie du marché de la semence. La production nationale de la semence ayant quasiment disparu depuis quelques années non sans pression des exportateurs étrangers, ce sont les 'paillettes' importées qui fournissent les ressources génétiques au marché local. La semence bovine vendue dans le pays, qui porte surtout sur les races Holstein et Jersiaise, provient principalement d'Amérique du Nord, d'Europe du Nord et de Nouvelle Zélande. Le néerlandais CRV au travers de sa filiale XSeed, l'américain World Wide Sires (WWS) et Genimex, distributeur officiel de Viking Genetics, coopérative nord-

européenne (Danemark, Suède et Finlande) sont les leaders incontestés qui se partagent environ 90% du marché sud-africain. XSeed et Genimex représentent également la coopérative néozélandaise LIC. D'autres pays exportateurs sont très marginaux, mais beaucoup cherchent bien sûr à gagner leurs parts du marché local. C'est notamment le cas d'une des grandes coopératives françaises Evolution. Elle a racheté en 2012 l'entreprise de semence locale Taurus alors en faillite pour essayer de développer, comme je l'ai mentionné précédemment (cf. paragraphe 4.2.5.), un modèle commercial alternatif à celui d'autres pays exportateurs présents sur place : développement de la sélection locale avec un apport de la génétique européenne riche en diversité. Taurus était jusqu'à 2012 la seule entreprise coopérative sud-africaine qui commercialisait la semence locale. Depuis sa disparition, les quelques gros éleveurs locaux qui sélectionnent encore des taureaux reproducteurs le font principalement pour leurs propres troupeaux ou vendent de la semence directement à d'autres éleveurs de leur réseau professionnel. La plupart des distributeurs étrangers refusent d'acheter de la semence localement le motivant par sa faible qualité génétique par rapport à celle des taureaux des pays développés. Avant ma mission en Afrique du Sud, les représentants de la direction internationale d'Evolution (entretiens AR et PMG) m'ont confié avoir complètement remis en question leur stratégie initiale orientée vers la production de semence locale et sa valorisation sur le marché après qu'ils aient comparé le potentiel génétique des meilleurs taureaux locaux à ceux élevés en Europe. Même avec une équivalence calculée via le système d'Interbull, la valeur génétique des reproducteurs sud-africains est jugée moins bonne pour le progrès génétique local. L'existence d'un marché global oblige à aligner les exigences de qualité sur les 'meilleurs' produits et les 'meilleurs' producteurs. Les leaders du marché global de la semence sont aussi leaders en Afrique du Sud. Ils font plonger les plus petites entreprises dans 'l'océan rouge'¹²⁶ de la concurrence. De cette manière, Taurus-Evolution, comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, a dû adopter la stratégie des entreprises nord-américaines sur la génétique Holstein et abandonner son plan de contribution au développement local.

La génétique vendue en Afrique du Sud suit la spécialisation des types de production. Les éleveurs de l'Est du pays pratiquant l'élevage en pâturage achètent exclusivement de la génétique néozélandaise. Les commerciaux interviewés avouent être fermement incités par ces éleveurs à « passer leur chemin » s'ils n'ont pas de taureaux néozélandais à proposer dans leurs catalogues de vente. Ce modèle néo-zélandais, considéré comme optimal pour ces

¹²⁶ En référence à l'ouvrage de W. Chan Kim et Renée Mauborgne « Stratégie océan bleu : Comment créer de nouveaux espaces stratégiques » (2010), cf. paragraphe 4.2.5.

régions, est critiqué par les généticiens, car d'un point de vue scientifique, les climats et les objectifs de sélection sud-africains et néo-zélandais diffèrent fortement et l'*interaction génotype-milieu* affecte d'autant la valeur des animaux. Utilisant le croisement entre races, principalement entre la Jersiaise et la Holstein, beaucoup d'éleveurs de ce système se soucient en effet très peu des détails du potentiel génétique des animaux qu'ils achètent. Ils privilégient clairement la quantité d'animaux à leur 'qualité'.

Les importations de génétique pour les productions TMR et mixtes proviennent principalement d'Amérique du Nord et d'Europe du Nord (Pays-Bas pour la Holstein et Danemark pour la Jersiaise). Ce sont des éleveurs qui travaillent en race pure et là, on retrouve une diversité plus importante de stratégies de sélection et donc du choix de la semence. Ici, on utilise essentiellement la semence des taureaux dits 'génomiques, c'est-à-dire les jeunes taureaux-reproducteurs dont l'index est calculé sur la base des données issues du génotypage et analysées avec les méthodes de la génétique quantitative, mais toujours sur les échelles du pays d'origine ou sur l'échelle américaine TPI.

Chacune des entreprises présentes dans le pays, dispose d'un réseau de distribution plus ou moins large. Les commerciaux de terrain des grandes entreprises sont généralement spécialisés par région. Il y a également des distributeurs individuels représentant des entreprises étrangères qui ne disposent pas de filiale sur place, comme par exemple l'italien SemenZoo. La stratégie commerciale tient sur la construction d'une relation de confiance avec les éleveurs et les managers de grandes fermes-firmes multi-activités. C'est un monde professionnel assez restreint bien que vaste géographiquement et il est ancré dans une culture particulière – celle des Boers parlant afrikaans, langue dérivée du néerlandais. Les commerciaux circulent entre les entreprises tout en fidélisant personnellement leurs clients. Beaucoup parmi ces acteurs intermédiaires du marché sont eux-mêmes éleveurs ou sélectionneurs, par tradition, par passion. Ils voient ainsi les problématiques de leurs clients de l'intérieur. Ils sont souvent en même temps les conseillers en accouplement et connaissent par cœur les troupeaux de leurs clients et les produits génétiques proposés sur le marché. L'importance du réseau culturel, interrelationnel et intra-professionnel est donc très grande. AS, un éleveur professionnel qui s'était impliqué pendant de nombreuses années au sein du conseil d'administration de Taurus, s'est vu proposer le poste de direction de Taurus-Evolution, puis est retourné à ces activités d'élevage trois ans plus tard, au moment du changement radical de la stratégie locale de la filiale. JS1, le nouveau directeur de Taurus-Evolution est également éleveur. Auparavant, il travaillait dans la représentation locale des entreprises nord-américaines telles que Semex (entreprise canadienne), Trans-America

Genetics et Sexing Technology Genetics (entreprises états-uniennes). RD, sur le marché sud-africain depuis plus de 30 ans, est passé, d'après ses propres paroles, par toutes les entreprises d'insémination présentes en Afrique du Sud, a fondé la sienne XSeed et l'a vendue à CRV tout en restant patron de la filiale XSeed CRV. Il est reconnu pour ses compétences par toute la profession locale, y compris les scientifiques généticiens, et dispose d'un réseau très large d'acheteurs et de fournisseurs de produits génétiques.

Le choix des distributeurs locaux est une des stratégies de 'glocalisation' des entreprises dans leur politique de pénétration des marchés étrangers. C'est aussi un moyen de mettre en place des instruments diplomatiques du marketing : la connaissance du terrain, la même culture, la même langue et le même milieu professionnel facilitent la persuasion et l'influence et complètent le 'hard power' économique.

6.4.2. La visualisation « physique » : voir pour croire

Les acteurs parlent beaucoup de l'appréciation visuelle ou de la visualisation 'physique' (« regarder, voir physiquement », « seeing physically »), c'est-à-dire du jugement de l'évolution des performances (ou de la valeur phénotypique) en observant directement les animaux. La tradition des concours, comme lieux et moments dédiés à leur valuation (Dewey 2011; Antal, Hutter, et Stark 2015), est en effet toujours très présente en Afrique du Sud et est promue et animée par les associations des races.

J'ai eu l'occasion d'assister à l'un de ces 'rituels' collectifs lors du concours régional des troupeaux Holstein de la région du Cap Est en novembre 2017. Il a duré deux jours et six fermes travaillant en système TMR ou mixte y ont participé. Comme tout se passait en afrikaans, ma compréhension des échanges se limitait aux traductions et explications en anglais que me donnait ponctuellement Mirtelize, l'employée de l'association SA Holstein. Quelques brèves discussions avec les participants m'ont aidé à éclairer leurs motivations, leurs positionnements professionnels et certaines pratiques. Mais globalement, l'importance de la perception visuelle « physique » dans la sélection des animaux était pour moi bien apparente.

Le concours est un événement convivial, chaleureux et professionnellement utile pour les éleveurs participants, ainsi que pour les entreprises sponsors (différentes entreprises d'insémination, de service et d'équipement). Les commerciaux de ces dernières sont d'ailleurs largement majoritaires dans le public et leurs logos sont bien mis en évidence brodés sur les

vêtements de tous les participants (Fig. 89). C'est aussi un moment stressant pour les vaches qui ont du mal à se donner en spectacle.



Fig. 89 Les participants au concours Holstein sont symboliquement équipés par les différentes entreprises du secteur dont les logos figurent sur tous les vêtements (Humansdorp, novembre 2017)

Les juges (dont HD, le directeur de l'association SA Holstein) regardent les vaches principalement par derrière¹²⁷ (Fig. 90). Ils apprécient ainsi visuellement les caractères morphologiques principaux : la conformation des pattes et de la mamelle. Ils échangent entre eux, prennent des notes, remplissent des formulaires et annoncent à voix haute devant le public leurs conclusions pour chaque vache. Le fractionnement de l'animal lors de l'analyse visuelle fait partie de ce qu'on appelle 'l'évaluation linéaire' ('linear evaluation') des traits fonctionnels. Introduit aux États-Unis dans les années 1980, le système d'évaluation apprécie les qualités morphologiques de la vache selon leur écart par rapport à un standard de référence. C'est comme si on prenait un mètre linéaire et on mesurait. Sauf qu'en pratique, l'expert entraîné à voir à l'œil nu¹²⁸, n'en a pas besoin. Ainsi, sur une échelle d'évaluation de 1 à 10, le 1 correspond à un écart minimum et donc à la note la plus élevée, et le 10 signifie que le caractère considéré de l'animal s'éloigne beaucoup du modèle idéal. HD, le directeur de SA Holstein critique ce système d'évaluation, le jugeant économiquement peu efficace par rapport aux techniques génétiques et génomiques plus modernes, mais il fait état de l'attachement fort des éleveurs à ce type de visualisation physique des caractères morphologiques fonctionnels :

“They have to see physically.”

¹²⁷ Si nous nous rappelons la représentation de la vache pour les démonstrations de l'insémination artificielle présentée dans le premier chapitre (Fig. 19, paragraphe 1.3.1), le mode d'existence de la vache technicisée limitée à sa partie postérieure est frappante.

¹²⁸ L'œil qui, comme le précise Bruno Latour (2006) n'est pas nu en réalité, mais bien « habillé » avec des références, des normes et des protocoles qui constituent la pratique d'étalonnage

“Our farmer used to see in the catalog the linear description of the bull and he think it’s a good bull for certain reasons. The minute you give him the MACE evaluation proof he says ‘no’.” (entretien HD)



Fig. 90 Appréciation visuelle des vaches lors du concours régional des troupeaux Holstein dans le Cap Est en Afrique du Sud. Humansdorp, novembre 2017.

Andrew, le gagnant de ce concours, éleveur et sélectionneur de plusieurs races (Holstein, Jersiaise et Angus (race allaitante)) me confie qu’il croit beaucoup à l’importance des traits morphologiques sur lesquels il s’appuie pour sélectionner. Il approuve entièrement l’index américain TPITM qui leur donne un poids important. Il est persuadé que sous l’œil d’un spécialiste, la morphologie peut révéler tous les autres caractères importants.

En évoquant le regard du spécialiste, Andrew touche un point important dans la construction du marché des promesses génétiques : la confiance. Comme lui, certains éleveurs-sélectionneurs ne font pas confiance aux vendeurs de semence en Afrique du Sud. Ils veulent voir « physiquement » par eux-mêmes d’où vient la génétique. Andrew achète de la semence nord-américaine pour ses troupeaux et va régulièrement aux États-Unis et au Canada depuis des années pour « voir et choisir le meilleur ». Une fois avoir vu et choisi la lignée génétique, il peut passer commande via le distributeur local, mais pas avant. D’autres pratiquent ce que j’appellerais ‘la visualisation physique par procuration’. Ils font confiance à

« celui qui a vu ». Tel est le cas de Jacobus, éleveur commercial de 1200 vaches Holstein en système TMR dans la région du Cap Ouest, qui fait confiance à RPC, le commercial-conseiller représentant unique de l'entreprise italienne SemenZoo en Afrique du Sud. Ce dernier dit passer plusieurs mois de l'année en Italie à visiter les producteurs de semence et les fermes où cette semence est utilisée. Jacobus reconnaît alors son savoir-faire d'expert et lui confie le progrès génétique de son troupeau laitier.

Comme l'a exprimé le directeur de l'entreprise XSeed CRV, RD, dont l'expertise est largement reconnue parmi les éleveurs du pays :

“A lot of farmers don't really need to get involved into genetic, genomic programs, because we do a lot for them. We advise. That's enough. They don't need.”

Pendant notre entretien de deux heures, RD a été appelé trois fois par des éleveurs pour des conseils. Il répondait à chaque fois sans même regarder ses fichiers de taureaux disponibles à la vente et connaissait par cœur les noms/numéros et les caractéristiques des vaches dans les troupeaux de ses clients. Il m'a dit qu'il « voyait » les animaux dans sa tête jusqu'à dix générations.

6.4.3. La pratique de visualisation et la génomique : pratiques combinatoires pour apprendre à voir l'invisible

Beaucoup me parlent de l'importance de la connaissance des lignées génétiques (les vaches et les taureaux descendants des mêmes parents). En effet, l'expertise s'acquiert par la visualisation répétée (Latour 2006). Pour Andrew, il faut surtout suivre dans le temps les lignées, comparer les index numériques et les performances physiques et apprendre ainsi « à voir ». C'est ainsi qu'il est entré dans l'ère génomique. Méfiant au début, il a acheté ses premiers taureaux génomiques dans des lignées qu'il connaissait bien. Donc, comme il dit, il « n'a pas vraiment laissé la place à la surprise, les résultats étaient bons. »

Bull, un autre éleveur participant du concours régional Holstein, donne ses préférences aux taureaux dits traditionnels, c'est-à-dire évalués après testage sur descendance, car « c'est plus sûr ». Néanmoins, il cède aux arguments marketing des entreprises d'insémination qui vendent les taureaux dits 'génomiques' un peu plus cher : la génomique est une technologie du futur. Il dit qu'il croira tant qu'il verra le résultat concret sur son troupeau l'année suivante.

RD, le patron d'XSeed CRV me parle des débuts de la génomique :

“We were very excited. And farmers were as well. Genomics was all around the type¹²⁹.”

En effet, la visualisation physique chez ces éleveurs vient comme preuve de la fiabilité des valeurs quantifiées des traits invisibles. Beaucoup tiennent à l’index TPITM car il est orienté vers les caractères perceptibles ‘physiquement’ par l’éleveur : la morphologie, la quantité de lait. L’éleveur voit rapidement le résultat et fait confiance à cette échelle d’évaluation. Si la promesse de la conformation des pattes (longueur, forme) est tenue, on peut aussi certainement faire confiance à la prédiction quantifiée pour d’autres caractères, moins visibles, comme la fertilité ou la résistance aux mammites. Souvent, en effet, on me parle des pattes chez les vaches. C’est un caractère qu’il est facile d’apprécier à l’œil nu et qui d’après les acteurs ne dépend pas (ou très peu) de l’environnement. En le disant dans le langage de la génétique, l’effet d’*interaction génotype-milieu* est minime. Ce caractère sert ainsi à étalonner en quelque sorte toute l’échelle d’évaluation.

Ces acteurs jugent l’échelle d’évaluation locale sud-africaine très peu fiable. Pour HD, le directeur de SA Holstein, l’évaluation génétique locale actuellement pratiquée dans le pays pose problème, parce qu’elle est décalée par rapport aux constats des éleveurs qui « doivent voir le résultat rapidement pour faire confiance ».

“We don’t believe as a society our own BLUP figures. We don’t think they are right, we think they are incorrect, we don’t trust... we don’t even use them, we don’t even publish them. There are maybe 2% of the farmers that use the local BLUP figures. If you get a TPI which we use now to select from, and you compare those same figures to the South African figures, there is no correlation.... We can understand if there are variations, but it couldn’t be that the top ten bulls according to the TPI, don’t even appear in the top 100 in South Africa. That is just impossible!” (entretien HD)

RD, directeur d’XSeed CRV, le plus ancien vendeur de semence sur le marché sud-africain, réitère :

¹²⁹ Traits morphologiques.

“I’ll fight against Studbook. They misuse the South-African figures. I don’t use the South-African figures! They are wrong!”

“We’ve got a bull like Danar who has 1999 daughters in 909 herds. He was good in production and 7,23 in stature. It was 99% reliable in Dutch scale. Now, in wisdom of all doctors and geneticists they say now that the same bull in figures of the South Africa he is 63% reliable. His legs and feet [score] was 115 in Holland. But when we converted it into South-African scale, legs and feet is 87. That is 20% bottom. Is that true? What do they do? I look at my figures. I don’t want to look at their figures. Never! How many daughters they know? How accurate the milk recording is? How accurate the scoring of cattle is? Scoring is not done by professional people! Milk recording neither! In Holland all is done by good professionals who know how to look at animals. Which one must I trust?” (entretien RD)

Le lecteur l’aura compris : la science de l’évaluation génétique locale n’a pas la confiance des éleveurs ni des conseillers commerciaux en insémination, car, d’après eux, elle ne regarde et ne voit pas « physiquement » les animaux.

“They don’t work with cattle, they just work on their computers.” (entretien RD)

Néanmoins, les attentes des éleveurs envers le progrès génétique vont au-delà des traits morphologiques appréciables « physiquement » sur une échelle linéaire. Et là, ils sont bien obligés de se remettre à la science. La génomique permet notamment, d’après les scientifiques, de sélectionner efficacement sur certains caractères d’importance économique, tels que la longévité ou la fertilité, que les méthodes de sélection antérieures ne permettent pas d’approcher. Nous avons déjà constaté dans la première partie de cette thèse que la quantification de la valeur de l’animal par la génétique quantitative le rend en apparence totalement abstrait/virtuel, mais peut permettre de rendre bien visibles ses différentes valeurs. Il faut juste avoir les bons codes. Ce qui n’est pas une affaire facile. C’est dans ce sens que le directeur de l’association SA Holstein tente d’éduquer les éleveurs adhérents :

“We realized that the Holsteins do have a set of problems: with the longevity, for example, we always knew that. But how do we select for that? When genomics started we could try to select on new traits, the genomic traits. Especially for productive life, longevity, fertility, calving ease. We had a lot of criticism about it. We’re the only

society that did that, and we still only select on the genomic figures, whatever we receive from the country. Then with the results we've seen, how the breed in South Africa dramatically improved, I could see it within five years, I could physically see in the farms. I could physically see... in the first generation I could see there's a difference." (entretien HD)

Il soutient également l'initiative des généticiens du pays dans la mise en place de l'échelle locale de l'évaluation génomique. Néanmoins, il le fait discrètement, car il ne souhaite bousculer ni les éleveurs adhérents, ni son comité d'administration, ce qui lui ferait perdre sa crédibilité auprès de ceux qui détiennent le pouvoir.

"They will realize it by themselves the ranking is not going to be the same because of the environmental factors. They need to see it. At one moment it will happen." (entretien HD)

En effet, plus l'éleveur acquiert de connaissances sur la génétique/génomique, plus ces pratiques visuelles se déplacent de la perception physique de l'animal à la perception analytique des chiffres. Ceux qui ont franchi ce pas, même s'ils ne sont vraiment pas nombreux dans le pays, arrêtent de participer aux concours qu'ils estiment être une perte de temps. C'est le cas de KH, le patron d'une grande ferme située au cœur du pays des Boers, dans l'État Libre (Free State), déjà cité ici en tant que premier à avoir pratiqué la transplantation embryonnaire. Avec plus de 1000 vaches Holstein, sa ferme a remporté à plusieurs reprises depuis 1989 le titre de la meilleure ferme de troupeaux élites¹³⁰ du pays avec les meilleures productions et le meilleur niveau génétique. Reconnu comme éleveur le plus « progressif » et « moderne » du pays (selon les verbatim des acteurs) il est effectivement porté dans son activité par la science génétique :

"I'm scientific-oriented and I don't want to do some guess work, and you must get something to measure and something that you measure must make sense, you know. It must actually make some money then, because you don't farm if you don't make money. So eventually you must get something that is going on and that you can measure, and then you can put it onto a paper and you can do it scientifically with a

¹³⁰ C'est-à-dire, possédant le meilleur potentiel génétique.

reliability, that's fine, and then start using that system to improve the genetics.”
(entretien KH)

Il ne m'a pas accueillie dans sa ferme comme les autres éleveurs que j'ai eu l'occasion d'interviewer, mais dans son bureau, avec ses quatre ordinateurs, situé dans sa maison à une vingtaine de kilomètres de la ferme. Il ne m'a pas proposé de regarder ses vaches, mais plutôt les chiffres sur les écrans de ses ordinateurs.

“I'm farming here without seeing it with my eyes...” - m'a-t-il dit pendant l'entretien.

KH a été le premier à commander des génotypages de ses vaches et taureaux à l'étranger (US, France, Allemagne), puis auprès d'un laboratoire privé de biotechnologie spécialisé en génétique humaine Unistel situé à Cape Town. Ce laboratoire, ne disposant pas lui-même d'équipement de génotypage, est lié par contrat avec le grand laboratoire américain Neogen (antérieurement Genseek). KH a fait analyser les données par des prestataires à l'étranger (US, Canada, Pays-Bas, Allemagne) et localement (SA Studbook). Gêné par le manque de comparabilité des données reçues, KH a fini, pour « comparer les pommes avec les pommes »¹³¹, par créer sa propre échelle d'évaluation, son propre index SESI pour « Spitsvuur (le nom de la ferme) Economic Selection Index ». Pour ce faire, il a adapté l'échelle d'évaluation américaine Fluid Merit Dollar (FMS)¹³² à ses propres besoins de sélection, avec des résultats bien concrets :

“The fluid merit index shoots out circumstances best. 40% of that fluid merit index account for the milk buying system. But they are quite different from one country to another. 80% of our price is made up of liters and 15% of butterfat content. What we did then, we just changed that formula of the paying system.[...] And then on the other part we have daughter pregnancy rates, longevity, somatic cells and then stature. [...] And then udders and legs and feet index are important. They are counting in that formula about 60% so the health rates are more important over here especially in our

¹³¹ *“The biggest problem was to compare apples with apples in the system. Because every lab's systems are different and the data are different and all the figures are different and you don't know where you are.”*
(entretien KH)

¹³² Il s'agit d'un des index américains créé par USDA, moins connu à l'étranger que le TPITM, mais utilisé aux Etats-Unis pour la sélection sur des critères plus économiques liés au marché des produits laitiers.

system. We aren't on the housing system; we're on the feedlot system so it's a harsh environment." (entretien KH, cf. également Fig. 91)

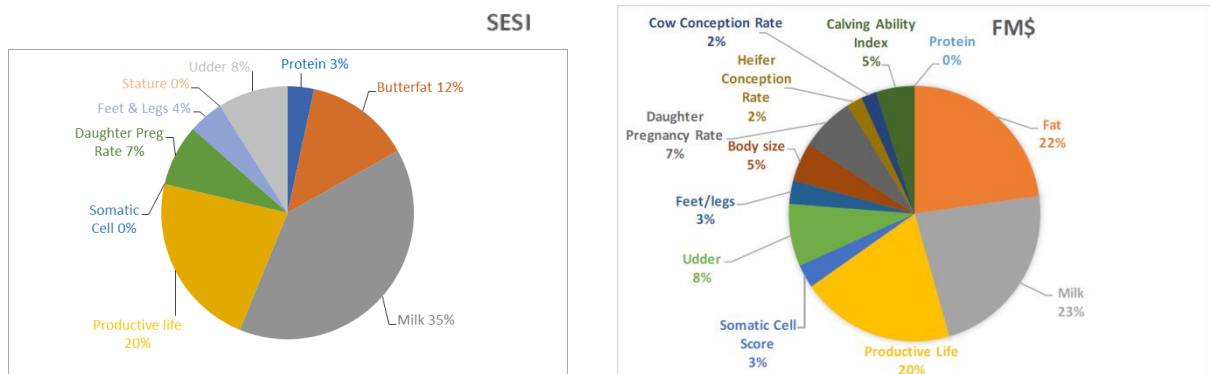


Fig. 91 Compositions de l'index SESI et de l'index FMS dont le premier est originaire.

KH fait ainsi sa propre sélection selon sa propre échelle d'évaluation et constitue ses propres classements (Fig. 92).

BUL INLESTING		AMBOOD INLESTING		Bron		TEELWAARDES														INDEXEN		SEI						
Plaatsnr	Gedat	In de Naars se Plaats	nr	de	vees	SAAD	B (%)	Plaatsnr	SESI	Milk	Bvtt	BV%	Prot	Proth	Somati	Kalfree	Kaldestrree	EVW	SD	EV	SD		Uder	M&B	informatie	Tijer		
1	AD1828	21-01-11	COS	3148	22	65	139	79	AD1826	1888	7.84	0.43	-0.05	42.6	0.15	13.9	2.083	120.89	0.248	0.487	0.810	0.649	0.470	1.976	154	109	1888	
2	AD1889	28-01-11	WPT	3148	12	8	218	34	AD1889	1476	11.07	0.22	-0.14	21.4	0.23	11.21	17.31	127.27	0.408	0.280	0.420	0.517	0.303	1.760	131	115	1476	
3	AD1896	15-01-12	WPT	3148	9	262	181	MANE	AD1896	1476	10.07	0.28	-0.19	21.4	0.23	11.21	17.31	127.27	0.408	0.280	0.420	0.517	0.303	1.760	131	115	1476	
4	AD1898	25-08-16	PTL	5876	1	207	45	25	GMACE	AD1898	1416	11.11	0.23	0.31	0.09	-18.09	-4.88	125.20	0.187	-0.113	-0.210	0.320	0.304	1.378	134	110	1416	
5	AD1899	28-01-11	COS	3148	1	207	45	25	GMACE	AD1899	1416	11.07	-0.20	24.3	0.19	-11.58	1.875	125.25	0.369	0.365	0.877	0.367	0.817	1.581	128	113	1416	
6	AD1884	28-01-11	COS	3148	1	20	45	25	GMACE	AD1884	1395	10.77	-0.20	24.3	0.19	-11.58	1.875	125.25	0.369	0.365	0.877	0.367	0.817	1.581	128	113	1395	
7	AD2420	28-08-15	USK	5699	5	583	60	62	GFAP	AD2420	1335	14.07	0.14	32.5	0.20	13.76	4.76	108.19	0.314	0.363	0.378	0.349	1.983	147	108	1335		
8	AD2188	28-01-11	SBS	4959	3	13	1071	161	GFAP	AD2188	1333	10.81	0.18	0.31	24.7	0.20	13.76	14.48	109.13	0.244	0.255	0.351	0.813	0.696	1.827	158	114	1333
9	AD2466	28-10-15	BMB	5885	26	GMACE	AD2466	1282	11.63	0.79	-0.04	35.7	0.00	3.42	-5.46	121.27	0.304	0.035	0.065	0.311	0.390	1.621	148	113	1282			
10	AD2406	28-07-15	BWAF	5334	17	200	63	62	GFAP	AD2406	1282	8.17	0.23	0.01	31	0.04	-0.4	137.83	0.212	0.225	0.418	0.311	0.286	2.050	134	109	1282	
11	AD2460	28-08-16	FAA	4811	1	20	GMACE	AD2460	1281	14.7	0.08	0.17	32	0.15	17.31	-1.81	133.31	0.414	0.096	0.178	0.311	0.286	1.631	125	109	1281		
12	AD2126	04-01-14	SBS	5089	1	4	384	85	GFAP	AD2126	1275	21.7	-0.18	23	0.10	-28.34	11.5	115.82	0.185	0.135	0.342	0.311	0.286	1.602	128	111	1275	
13	AD2197	28-08-16	COF	5533	18	559	61	62	GFAP	AD2197	1272	19.8	-0.11	33	0.00	-14.11	5.41	119.20	0.201	0.225	0.418	0.311	0.286	1.796	121	109	1272	
14	AD2484	28-10-15	BMB	5895	25	GMACE	AD2484	1271	9.66	0.00	0.00	31.5	0.00	-7.82	-4.02	123.96	0.509	0.017	0.125	0.311	0.286	1.535	118	119	1271			
15	AD2275	17-08-14	SIBM	4826	3	138	82	GFAP	AD2275	1232	10.66	0.12	-0.18	22.5	0.09	-12.71	-7.48	127.1	0.413	0.135	0.250	0.367	0.311	0.661	122	99	1232	
16	AD2188	28-01-11	SBS	4959	1	34	103	151	GFAP	AD2188	1230	5.3	0.02	0.11	22.8	0.05	29.48	-0.37	126.63	0.311	0.359	0.389	0.311	0.286	1.244	126	110	1230
17	AD2464	28-08-16	FAA	5311	1	25	GMACE	AD2464	1185	10.64	8.2	-0.30	27.2	0.06	15.72	-2.47	122.82	0.222	-0.057	-0.106	0.311	0.286	1.383	124	111	1185		
18	AD1894	28-01-11	COS	3148	27	1773	77	AD1894	1195	11.91	-3.8	0.51	15.2	0.29	0.92	-3.843	117.63	0.450	0.351	0.452	0.311	0.286	1.585	111	109	1195		
19	AD2190	18-11-11	BP	4568	1	239	14	AD2190	1187	9.8	0.53	-0.10	30.4	0.01	4.9	-5.84	118.87	0.186	0.385	0.311	0.286	1.912	151	115	1187			
20	AD2228	04-01-14	BBS	5124	8	0	63	GFAP	AD2228	1179	8.32	0.08	0.05	21.2	0.08	-1.18	7.83	116.64	0.417	0.135	0.201	0.311	0.286	1.790	128	109	1179	
21	AD2285	28-08-16	WSP	5441	4	2	268	63	GFAP	AD2285	1168	9.6	0.84	-0.18	18.5	0.11	20.41	107.88	0.284	0.141	0.305	0.305	0.049	0.547	120	97	1168	
22	AD2312	17-08-14	RSO	4154	200	1	298	63	GFAP	AD2312	1163	18.86	0.17	-0.38	23.9	0.18	11.53	-1.79	125.1	0.311	0.090	0.187	0.311	0.286	1.021	121	100	1163
23	AD2469	28-08-16	WVS	5000	1	28	GMACE	AD2469	1152	14.84	19.6	0.31	27.1	0.17	6.2	15.45	114.31	0.311	0.369	0.469	0.311	0.286	2.029	128	121	1152		
24	AD2188	28-01-11	SBS	4959	1	21	498	64	GFAP	AD2188	1148	8.4	18.7	-0.13	23.5	0.04	38.88	-1.38	125.77	0.311	0.369	0.298	0.311	0.286	1.879	124	103	1148
25	AD1721	12-12-09	ETP	4093	2	375	50	AD1721	1137	11.34	30.3	-0.17	33.1	-0.09	33.15	10.712	123.07	0.311	0.243	0.450	0.311	0.286	1.760	138	116	1137		
26	AD2438	28-08-16	RV	5796	1	159	63	GFAP	AD2438	1128	11.07	0.80	-0.17	34.8	0.09	4.50	18.88	101.5	0.429	0.429	1.127	0.349	0.225	0.571	0.839	129	101	1128
27	AD2789	18-10-10	COO	4218	1	50	15	GMACE	AD2789	1127	12.02	0.43	-0.20	18.4	0.25	18.88	2.25	122.78	0.369	0.168	0.487	0.311	0.286	1.992	151	111	1127	
28	AD2457	28-08-16	BMB	4347	60	GMACE	AD2457	1107	10.60	27.2	0.12	37.1	0.03	4.44	-2.4	116.74	0.201	0.180	-0.020	0.311	0.286	1.887	138	105	1107			
29	AD2178	18-06-11	SBO	4889	20	618	65	GFAP	AD2178	1101	8.8	24.1	-0.01	24.8	0.03	38.88	0.26	132.25	0.311	0.000	0.298	0.311	0.286	1.879	127	100	1101	
30	AD2447	28-08-16	VSA	5550	100	60	GMACE	AD2447	1100	97.8	15.8	-0.14	25.2	0.06	-2.24	6.53	126.43	0.311	0.056	0.056	0.311	0.286	1.488	125	104	1100		
31	AD2450	28-08-16	A2188	4829	39	GMACE	AD2450	1092	7.9	17.6	-0.10	17.1	0.06	12.11	-7.46	122.30	0.311	0.045	0.058	0.311	0.286	1.503	119	105	1092			
32	AD2238	18-01-14	GP	4380	1	1	333	67	GFAP	AD2238	1084	1.8	-0.40	20.7	0.18	114.0	9	115.61	0.311	0.369	0.258	0.311	0.286	1.505	119	107	1084	
33	AD2462	28-08-16	SSEM	5838	63	GMACE	AD2462	1055	7.92	22.1	-0.08	23.5	0.03	11.27	-1.42	125.45	0.311	0.060	0.439	0.311	0.286	1.484	125	97	1055			
34	AD2286	14-08-14	DRZ	4893	5	649	62	GFAP	AD2286	1053	10.97	18.4	-0.23	30.5	0.03	5.34	-1.44	124.4	0.311	0.225	0.417	0.311	0.286	0.571	0.839	129	101	1053
35	AD2629	11-08-09	RGM	3730	4	200	48	AD2629	1052	6.67	8.88	0.32	21	0.01	7.08	-4.618	116.31	0.311	0.195	0.362	0.311	0.286	1.170	121	102	1052		
36	AD2159	11-05-11	RSD	3731	7	450	82	GFAP	AD2159	1047	650	18.4	-0.06	18.7	0.02	38.88	-7.66	131.47	0.311	0.494	0.136	0.621	0.300	1.434	120	100	1047	
37	AD2453	28-08-16	BMB	5267	1	820	63	GFAP	AD2453	1044	11.1	0.84	0.00	28.4	0.03	18.0	8.06	108.1	0.670	0.210	0.300	0.653	0.800	1.800	140	114	1044	
38	AD2261	01-07-14	DRZ	4254	11	8	390	66	GFAP	AD2261	1044	11.1	0.74	0.24	28.1	0.08	5.31	125.59	0.449	0.313	0.313	0.313	0.286	1.655	124	101	1044	
39	AD2414	18-08-16	PHZ	5631	10	60	GMACE	AD2414	1041	6.65	27.2	-0.04	20.7	0.02	38.88	-0.83	117.38	0.311	0.225	0.156	0.311	0.286	1.443	121	101	1041		
40	AD2254	05-08-12	LC	3071026	1	1	394	39	AD2254	1036	200	8.60	13.2	0.03	-7.84	-8.78	137.64	0.311	0.057	0.533	0.311	0.286	1.351	129	88	1036		
41	AD2051	18-08-16	BMB	5334	28	GMACE	AD2051	1028	5.40	18.4	-0.02	14.9	0.03	22.56	24.45	123.59	0.311	0.148	-0.274	0.311	0.286	1.088	111	101	1028			
42	AD2277	18-08-16	DRZ	3892																								

United States they don't use it for breeding, only for selling. If you go to the economic traits you must go to other indices: Net Merit Index, Cheese Merit Index or Fluid Merit. That is what I did." (entretien KH)

Il a cessé de participer aux concours, mais il conserve des photos encadrées de ses vaches championnes qui témoignent de ce passé, comme il dit, d'avant la génomique (Fig. 93). Ne plus participer aux rituels de visualisation physique ne l'empêche pas de savoir que son troupeau de vaches et ses taureaux sont porteurs du meilleur potentiel génétique du pays.

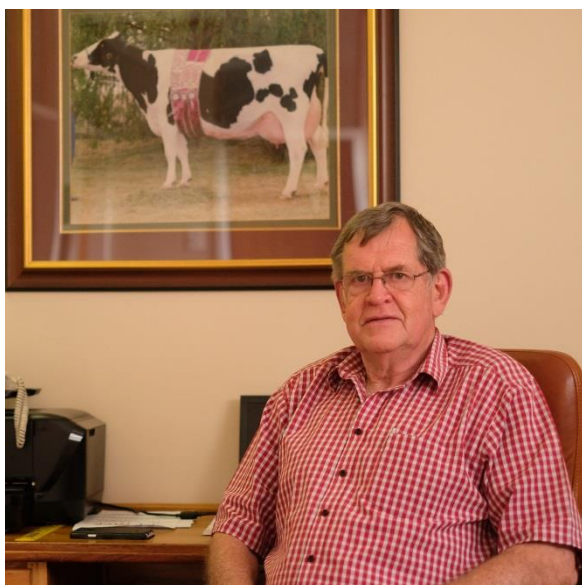


Fig. 93 KH, l'éleveur 'avant-gardiste' de l'Afrique du Sud dans son bureau d'où il manage son élevage de 2000 Holsteins « sans les voir avec ses yeux ». La photo d'une des vaches championnes rappelle son passé « d'avant la sélection génomique » où il participait régulièrement aux concours. (avec l'aimable autorisation de KH)

6.4.4. Localiser la vache globale sans un système national d'évaluation : la sélection génomique DIY.

Comme j'ai pu le constater, il y a une multitude de façons de pratiquer la sélection chez les acteurs sud-africains. Elles sont fondées sur des croyances et des méthodes plus ou moins scientifiques, sur des pratiques plus ou moins conscientes et intentionnelles. Mais ce qui est sûr, c'est que chacun les construit de manière à mieux répondre à ses besoins au niveau de sa propre ferme, de son système de production, des exigences économiques du moment, etc. Tous veulent une vache locale. Et dans l'absence d'un dispositif d'évaluation *ad hoc* capable de donner aux animaux une valeur locale objective et acceptée par tous, ils se débrouillent pour en fabriquer une à partir des moyens accessibles qu'ils jugent utiles. Une vraie démarche 'Do It Yourself'. Cette notion définit une pratique de bricolage intentionné, de production alternative. Elle se rattache au mouvement social opposé au modèle dominant de la société de

consommation dans les années 1960-1970 aux États-Unis et en Europe (McKay 1998; M. Meyer 2012; 2015). Sans qu'il s'agisse ici d'un alter-mondialisme revendiqué, ni du 'biohacking' au sein des laboratoires dits 'de garage', le contexte du marché global partagé entre quelques acteurs des pays hégémoniques qui ont la mainmise sur les ressources génétiques laisse toute sa place à la pratique d'évaluation génomique DIY nécessaire à la création de la valeur locale de la vache.

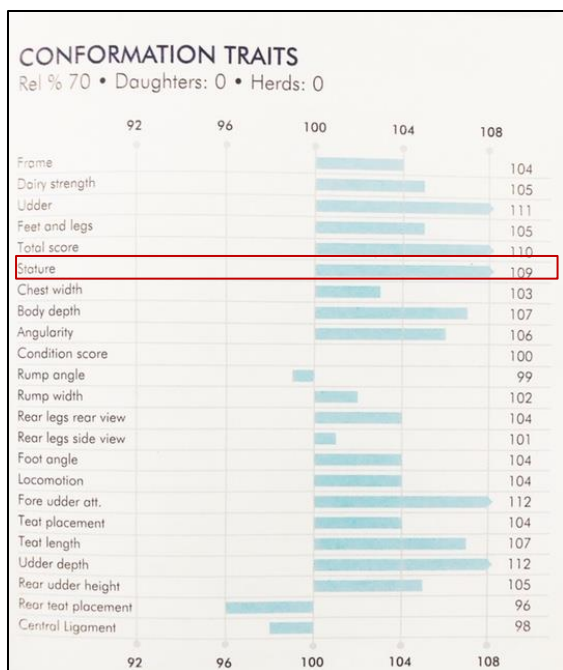
Il y a ceux qui importent la semence des pays aux conditions climatiques proches, selon eux, des conditions locales. Tel est le cas de Jacobus déjà cité qui achète la semence de l'Italie du fait de son climat chaud. Tel est le cas de la plupart des éleveurs des systèmes extensifs des régions Est du pays qui achètent uniquement de la génétique néo-zélandaise selon le critère de la proximité des systèmes de production en pâturage.

Il y a ceux qui importent d'Amérique en disant, comme Bull, un des éleveurs participant au concours de troupeaux Holstein au Cap Est :

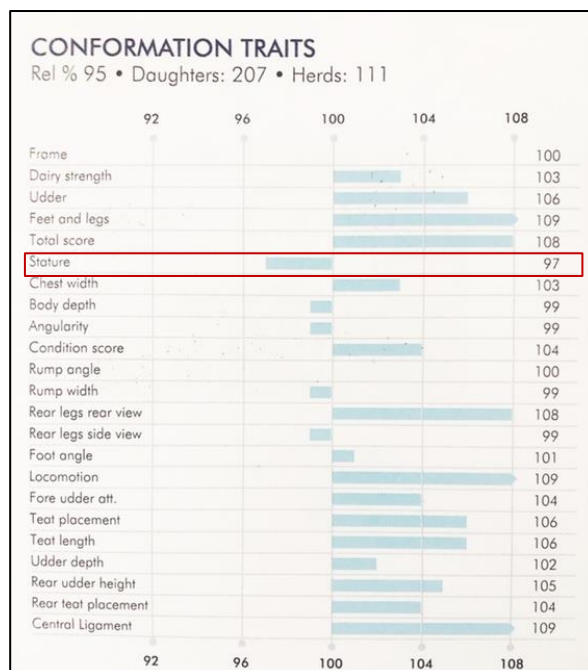
“A good American bull is always good in South Africa.”

Ils utilisent l'index TPITM, celui du standard mondialement promu et reconnu de la vache Holstein américaine, mais en le segmentant en index unitaires qui correspondent chacun à un caractère qui les intéresse¹³³. Ils sélectionnent ainsi des taureaux améliorateurs pour tels caractères, non améliorateurs pour tels autres. Par exemple, ceux qui sélectionnent sur les critères du standard de vache américaine, grande et angulaire, choisissent (ou les conseillers commerciaux choisissent pour eux) dans les catalogues les taureaux porteurs du potentiel génétique au-dessus de la moyenne (index positif) sur le critère de la taille ('stature'). Ceux qui suivent la tendance sud-africaine des animaux plus petits, en particulier pour le pâturage, choisissent les taureaux porteurs du potentiel génétique en dessous de la moyenne (index négatif) sur ce caractère (respectivement, taureaux 1 et 2 sur Fig. 94). Cette méthode de sélection sur des index unitaires est moins efficace en toute rigueur scientifique que la sélection sur un index combinant plusieurs caractères, comme nous l'avons vu dans le second chapitre (paragraphe 2.1.4.). Mais cette différence de précision est totalement négligeable pour un éleveur ou tout autre acteur économique pour lequel elle n'est pas visible « physiquement ».

¹³³ Souvenons-nous (cf. le paragraphe 2.1.4. du second chapitre) que d'après les généticiens, cette méthode de sélection est moins efficace que celle basée sur l'index de synthèse (combinant plusieurs caractères).



Taureau 1



Taureau 2

Fig. 94 Différenciation des valeurs génétiques de deux taureaux sur le critère de la taille ('stature'). Source : catalogue XSeed CRV, échelle d'évaluation NVI des Pays-Bas

Les éleveurs des systèmes extensifs en pâturage qui regardent de manière générale très peu du côté de la génétique quantifiée, utilisent une méthode dite « du marquage sur le mur ». Si une vache est plus petite que le trait tracé à une certaine hauteur, elle est inséminée avec la semence du taureau dont l'index est positif sur ce caractère. Si elle est plus grande, le choix tombe sur un taureau avec un index négatif. Encore plus simple dans la pratique du croisement génétique, les vaches les plus petites reçoivent la semence du taureau Holstein et les vaches les plus grandes – celle du taureau Jersiais.

Ces éleveurs et conseillers commerciaux en insémination ne portent aucun intérêt à la mise en place du dispositif national de la sélection génomique. Le progrès qu'ils observent « physiquement » au niveau de leur ferme leur suffit.

Certains des éleveurs-sélectionneurs ont des démarches plus complexes et suivent une stratégie à plus long terme. Certains regardent les valeurs recalculées à l'échelle locale via Interbull, communiquées dans des catalogues ou diffusées par SA Studbook. NS, un agriculteur multi-activités qui a un troupeau de 250 vaches Holstein a l'habitude de faire de la sélection. Du temps de Taurus, le centre d'insémination local, il commercialisait sa propre génétique dans le pays. Maintenant, il continue à sélectionner comme avant, mais seulement pour les besoins de son propre troupeau. Pour lui, comme pour son père - tous les deux

agriculteurs autodidactes - la valeur locale de l'animal est la chose la plus importante dans la sélection.

“We always wanted to support the local market, but now it is about availability and quality of semen.” (entretien NS)

Comme la plupart des éleveurs, il achète de la semence produite à l'étranger (Pays-Bas et États-Unis), mais dans les catalogues il regarde toujours la valeur sud-africaine obtenue par la conversion via Interbull. « Les vendeurs n'aiment pas ça, » dit-il en riant. Depuis qu'il fait la sélection selon les valeurs remises à l'échelle locale, il dit ne pas voir de différence de résultats entre les reproducteurs étrangers et les reproducteurs locaux qu'il utilisait il y a quelques années. Il soutient ainsi SA Studbook dans sa démarche de production d'évaluations sud-africaines et dans sa volonté de développer une évaluation génomique locale :

“Even if the reliability is not very high, it is better, than using TPI” (entretien NS)

Enfin, KH a développé sa propre échelle d'évaluation afin de répondre au mieux aux besoins de ses productions intégrées dans un environnement donné composé des facteurs avant tout économiques et agro-climatiques. L'environnement joue un rôle central dans sa sélection. Créationniste convaincu, il privilégie dans les faits les théories lamarckiennes qui défendent le déterminisme environnemental sur les théories post-darwinistes qui mettent en avant le déterminisme génétique (cf. chapitre 2, section 2.3). C'est dire que le travail de sélection qu'il effectue avec son troupeau laitier est orienté non seulement sur l'adaptation du système de production (TMR) à la race Holstein créée dans et pour cet environnement 'hors sol', mais aussi et même beaucoup sur l'adaptation de la génétique à l'environnement local sud-africain.

“Adapting your animals more to your environment makes them more productive, more feed efficient and everything-everything-everything. But that is difficult. You can only do that if you are working with your own genetics under your own environment and testing that expression and use that expression to see the best animals that you must reproduce.”

“In Saudi Arabia they are actually controlling the environment and making it a thermo-neutral sort of environment for the cows, that is the best if you can do that. But

you can't do it over here on an economic scale. That's the biggest problem. We can't invest that amount of money to get the environment completely suitable for the cattle to produce. So we must breed cattle, in the environment we have and select the cows that are surviving here."

"We started with a lot of breeders with top animals, but most of them were imported from the States and they don't adapt and the bulls don't survive and they don't produce in the areas where they are supposed to produce more milk. For 20 years or more we brought the wrong genetics that wasn't adapted to the environment and that's why we actually started from scratch. Now we are importing some but we are using specific heifers and we are doing some ovum collections and so embryo transfers on specific lines with specific bulls to get into those genes to test them again with our environment to see whether they'll out-perform those that we've selected. We don't say we've got the best genes in the world and that's forever. No, we try to get hold of some other genes that might be, under certain circumstances, surpassed ours... but we are still keeping our genes, select them better and doing it all the way."

KH commercialise la semence d'une dizaine de meilleurs taureaux classés et sélectionnés selon l'échelle SESI, directement auprès des éleveurs-sélectionneurs de son réseau qui, comme il dit, « comprennent quelque chose en sélection génétique ». Il regrette l'absence d'un marché sud-africain capable de donner sa juste valeur à la génétique locale. Cette 'juste valeur' d'après lui se mesure en prix de 200 000 Rands (environ 10 000 euros au taux de conversion 2017) pour l'un de ses taureaux vedettes, alors que la station nationale d'insémination artificielle Taurus ne souhaitait pas le payer plus de 20 000 Rands, c'est-à-dire dix fois moins. Il n'a donc jamais mis ses taureaux dans le pool génétique du marché national. Sa démarche d'amélioration génétique reste ainsi individuelle comme chez la plupart des éleveurs laitiers sud-africains.

"The country is too small actually to really survive [on the global market]. And that's why, sort of entrepreneurial thoughts, we must do something ourselves. Otherwise relying on Studbook, relying on the country or on the Holstein breeders' society or whatever won't help you. You must do something yourself and you must do it with an economical goal." (entretien KH)

KH est très sceptique sur le projet national de sélection génomique chez les bovins laitiers pour des raisons déjà évoquées : manque de données fiables du contrôle laitier, manque de motivation et de connaissances chez les éleveurs, manque de moyens financiers, situation politique et économique instable dans le pays, etc. Il revient également sur le rapport entre investissements effectués et bénéfices potentiels :

“The problem is if you go into a national system then there are a lot of things that are out of your hands. And you haven’t got insight in it and you don’t know what reliability of it is, and you’ve got different farms and you’ve got different environments. And it will definitely cause that your specific progress will be slower. You’ll help probably a lot of other guys, but your system, your improvement per se will be slower. And if you can get guys with the same skills and the same things that they are doing, like doing embryo transfers, like investing in genomics, very little guys will invest in genomics that we did. We invest over a million Rand probably, we did over 1,000 of our animals genomically, and some of the guys are only doing ten or twenty or forty cows. So the investment into the system is also, sort of, a big problem. We don’t get any subsidies from whatever, wherever, we must all do it by ourselves. And we must fund it out of a system where we’ve got a big problem with our milk procurement systems, and everything is about the market, it’s a different market, with all the black people, and so on. So, it’s a very difficult country to do it in, and for Holstein stud herds I think it’s actually quite, nearly impossible to perform like you would have performed in other countries, where there was other skills and people supporting you and so on, so on, so on.” (entretien KH)

Souvenons-nous que ce problème de parité dans le rapport investissement-bénéfice entre les ‘grands’ et les ‘petits’ dans le domaine de la sélection, concerne surtout la Holstein et apparaît particulièrement à l’ère de la génomique où la coopération entre acteurs est plus que jamais importante et plus que jamais difficile à construire (Labatut et Tesnière 2018).

KH soutient néanmoins la démarche des généticiens pour la mise en place d’évaluation génomique nationale. Avec une bonne dose de bienveillance, il met à disposition du SA Studbook et d’ARC les données de génotypage de ses taureaux et de performances de ses vaches pour contribuer à la construction de la population de référence locale. Il émet néanmoins un doute sur la faisabilité de ce projet national, notamment en raison des effets pervers de la génomique qui a déjà pénétré le pays par la porte du marché global : les éleveurs

se conforment à la promesse la mieux retenue de la sélection génomique – l’arrêt du contrôle de performances – ne testent plus leurs animaux localement. La population de référence, une fois (et si) créée, particulièrement en Holstein, ne sera donc pas représentative du milieu local et ne pourra servir que brièvement de référence.

Conclusion

Ce dernier chapitre clôt ma réflexion sur la globalisation de la vache au vu des pratiques marchandes et technoscientifiques. L'histoire des deux derniers siècles d'élevage et de sélection sud-africains tournait beaucoup autour de la race Friesland. Elle a été l'occasion d'étudier les implications de la globalisation du marché global des ressources génétiques bovines et des méthodes globales d'évaluation génomique dans un pays qui développe ou met à jour son système national de sélection bovine. L'Afrique du Sud a en effet perdu sa vache locale au cours des quelques dernières décennies pendant lesquelles le marché global de la semence Holstein a fait disparaître son industrie d'insémination artificielle. Il serait donc plus juste de dire que l'Afrique du Sud a perdu ses taureaux locaux. Les vaches, en revanche, sont bien là, placées dans le contexte spécifique du pays et essayant tant bien que mal de s'y adapter. Ce sont les acteurs professionnels de la sélection (éleveurs, éleveurs-sélectionneurs, associations de races, vendeurs de semence, généticiens-évaluateurs) qui peinent à retrouver une référence commune pour définir une valeur collectivement acceptable et acceptée au niveau du pays et au niveau international. Dans ces conditions, chacun a tendance à appliquer à la vache une valeur en accord avec ses propres imaginaires et son propre système de valeurs. Les éleveurs préfèrent pratiquer la visualisation « physique » de leurs animaux plutôt que regarder des chiffres abstraits. Les généticiens préfèrent manipuler les chiffres et les formules plutôt que regarder les animaux « physiquement ». La nature des pratiques de ces deux mondes –marchand et scientifique - nous paraît de nouveau en tension : matérielles d'un côté et abstraites de l'autre. Mais, si cette tension est ressentie, c'est bien parce que ces deux mondes et leurs pratiques sont intrinsèquement liés. Comme nous le rappelle Bruno Latour (2006), les opposer serait oublier l'importance des pratiques de visualisation et d'inscription dans toute production des savoirs. « L'esprit du savant ne quitte à aucun moment ses yeux et ses mains, » affirme-t-il en tant qu'anthropologue du laboratoire. Au sein de notre immense laboratoire de la sélection bovine, nous l'avons aussi constaté (cf. la première partie) : l'abstraction calculatoire de la valeur génétique commence bien par des pratiques concrètes et visuelles d'appréciation « physique » et de mesures linéaires de l'animal. Comme nous l'avons vu dans le chapitre 2, un bon modélisateur spécialiste de la génétique animale est reconnu par ses pairs précisément sur sa capacité de voir ces pratiques « physiques » derrière les calculs abstraits. C'est ainsi que les méthodes scientifiques de quantification tenues par cette vision holistique du vivant peuvent faire apparaître simultanément et sans les dissocier les différents modes d'existences des objets étudiés, en l'occurrence les vaches (cf. partie 1).

Pour Latour (2006), comme pour bien d'autres chercheurs STS (Porter 1994; 1995a; G. C. Bowker et Star 2000; Daston et Galison 2007), la construction d'un savoir qui reflète le mieux possible la réalité passe par d'innombrables « allers-retours entre les objets et leurs images abstraites ». Ces allers-retours peuvent prendre un sens légèrement différent lorsqu'on les pense en fonction du 'retour' plutôt que de 'l'aller'. Autrement dit, lorsque la finalité n'est pas le savoir *per se*, mais son usage, comme c'est le cas des méthodes produites par la génétique quantitative, qui ont vocation à être appliqués exactement là où la quête du savoir a commencé : dans les pratiques concrètes d'élevage avec de 'vrais' éleveurs et de 'vraies' vaches. « L'idéal pour une théorie c'est, avec quelques éléments et quelques opérations, de retrouver tous les objets du monde, déformés aussi peu que possible. » (Latour 2006, p. 61) La vache qui a servi de point de départ à la construction d'une chaîne de quantification est censée revenir à l'identique ou 'améliorée' mais du moins reconnaissable par l'éleveur : ancrée dans un milieu donné et porteuse d'une culture particulière. Il est donc extrêmement important que l'éleveur possède les bons codes pour déchiffrer la valeur de son animal lorsqu'elle a été rendue abstraite par des calculs savants. Les pratiques de visualisation « physique », comme nous l'avons vu en Afrique du Sud, servent ainsi à mettre à l'épreuve les chaînes d'évaluation génétique et génomique. Elles redeviennent d'autant plus importantes que le système d'évaluation génétique est défaillant. Et vice versa, la chaîne d'évaluation peut apparaître comme défaillante parce que la visualisation physique par les éleveurs est une pratique importante. Ces défaillances peuvent tenir à l'absence d'une convention sociale de mesure en amont de chaque processus de quantification, à des erreurs de calcul ou à un « tripatouillage » trop important des données dans les procédures calculatoires. Elles peuvent enfin tenir à la perte de lien social entre les maillons de la chaîne d'évaluation, comme lorsque les scientifiques généticiens choisissent les industriels de l'insémination artificielle avec leur logique marchande comme destinataires finaux de leurs travaux et non les vaches elles-mêmes comme organismes biologiques, ou au moins les éleveurs comme représentants de ces vaches dans leurs milieux.

Si je n'ai pas trouvé en Afrique du Sud de projet dans le domaine de la génomique bovine aussi bien construit que celui de la génomique humaine du centre de biotechnologie à Singapour décrit par Aihwa Ong (2018), j'ai bien trouvé des promoteurs de la même idée biopolitique : la technologie génomique peut et même doit aider à diversifier les valeurs du vivant, à affirmer les différences entre les populations et à lutter contre la domination des standards portés par des acteurs hégémoniques. J'ai aussi trouvé sur le terrain des acteurs qui, reconnaissant intuitivement le besoin de la valeur locale pour leurs vaches, pratiquent

l'évaluation DIY en combinant différents outils disponibles et en contournant des voies conventionnelles pour obtenir in fine l'animal local à partir des ressources globales.

Conclusion générale

En partant de la question de ma fille de dix ans sur les différences entre les vaches noir et blanc qu'on peut observer partout dans le monde, j'ai construit ma narration en essayant de rendre intelligible les enjeux sociétaux de la sélection bovine au niveau global. Ma fille s'est pour le moment satisfaite de ma réponse sur les 'paillettes', mais (qui sait ?) elle s'intéressera peut-être un jour à des questions plus larges et plus complexes que soulève la circulation de plus en plus facile de la matière vivante autour monde. En tout cas, cette thèse me prépare à lui apporter quelques éléments de réponse le moment venu, peut-être dans quelques années quand la situation évoluera et quand l'enjeu du vivant dans la société humaine sera davantage visible, lisible et questionnable.

En attendant, je m'adresse dans cette thèse aux lecteurs d'aujourd'hui, en mettant en lumière le processus de globalisation de la sélection bovine au travers des constructions sociotechniques dans lesquelles des organismes biologiques, en l'occurrence les vaches et les taureaux, sont parties prenantes. Les transformations qui ont motivé ce travail couvrent une période assez longue du point de vue de l'analyse sociologique mais très courte du point de vue de l'histoire de l'élevage bovin : un demi-siècle allant du milieu du XXe à ce début du XXIe siècle où le monde est devenu 'global'.

Les trois parties de la thèse permettent de rendre visible le caractère cyclique de la globalisation, en suivant le chemin du local au global et l'inverse et en rendant compte de leur unité mise en lumière par les travaux des anthropologues du monde globalisé (Tsing 2011; 2017; Ong 2016). Tout au long de cette narration, le lecteur a pu suivre les différentes étapes de cette globalisation, varier la focale en ayant dans le viseur ses différents objets, acteurs, actions, situations et effectuer ainsi de nombreux allers-retours entre le global et le local, l'universel et le particulier, le tout et ses parties, l'abstrait et le concret. Tout d'abord, dans la première partie, nous avons remonté ensemble le fil de l'histoire pour comprendre ce qui a rendu possible le passage de la sélection bovine en mode global : les implications de la 'modernisation' de la vache avec l'avènement de la technoscience et de l'industrialisation des systèmes de production¹³⁴. Cette modernisation est marquée par une volonté de la société

¹³⁴ Une analyse similaire, mais bien plus approfondie du point de vue de l'histoire de la science de la génétique et de la sélection végétale en France a été menée par Christophe Bonneuil et ses collègues historiens (cf., par exemple (Bonneuil et Thomas 2009; Bonneuil 2016)). Ne m'étant pas fixé l'objectif d'une analyse comparative de l'évolution des dispositifs socio-bio-techniques de la sélection végétale et animale, je ne fais que mentionner ces travaux ici. Une telle analyse pourrait être conduite à l'avenir et faire partie des perspectives ouvertes par cette thèse, surtout compte tenu des évolutions actuelles au sein des productions animales.

industrielle de transformer en marchandise standardisée, maîtrisée et facile à échanger non seulement les produits agro-alimentaires issus des animaux, mais aussi les animaux eux-mêmes avec leur capacité reproductive comme sources et ressources de la croissance économique – ce que j’inscris, en suivant Michelle Murphy (2017), dans la notion d’économisation de la vie. Trois facteurs y ont joué un rôle de premier plan : (i) une mise en place des productions hors sol dans des systèmes technicisés et standardisés, telles des usines clé-en-main transposables partout ; (ii) une fragmentation de l’animal en caractères d’intérêt économique mesurables ; et (iii) une mise en œuvre des pratiques du contrôle de la reproduction par l’insémination artificielle accompagnée de la technologie de la cryoconservation. Les méthodes biométriques de la génétique quantitative ont contribué à cette maîtrise économique et technique de l’animal par une construction de sa valeur génétique, en même temps productive et reproductive, séparée des (ou corrigée pour les) effets de l’environnement. L’animal, en tant qu’organisme biologique intrinsèquement lié à son milieu ayant perdu cette partie de sa valeur, est devenu selon la logique industrielle et marchande une commodité globalisable. Il peut ainsi être reproduit à volonté presque sans limite de temps ni d’espace. Réduit au niveau moléculaire et rendu intelligible par les chiffres, il perd presque sa composante biologique en devenant une ressource informationnelle privatisable et intégrable dans des entités matérialisées artificiellement et ainsi dans des circuits marchands. Mais le mot « presque » que j’utilise ici est important. C’est lui qui continue à porter dans sa sémantique le caractère inachevé de la *commodification*, la partie biologique irréductible de l’organisme vivant, ce qui procure à l’animal son statut de *quasi-marchandise* ou de *marchandise/commodité fictive* – notion reprise des travaux de Karl Polanyi (2007) par Stuart et Gunderson (2018) pour parler précisément des animaux intégrés dans des systèmes de production industrielle. La nature biologique de ces quasi-marchandises vivantes, non prise en compte, se manifeste indéniablement en produisant des tensions au sein de l’agencement et en mettant à l’épreuve les constructions sociotechniques réalisées par les acteurs. Une de ces tensions a été mise en lumière dans la première partie de la thèse : celle entre les valeurs sociale et biologique de la vache moderne (cf. le schéma dans la conclusion au premier chapitre). Une distension de ces valeurs, pourtant fortement enchevêtrées dans la coexistence entre les humains et les bovins depuis plusieurs siècles, passe par une réduction du mode d’existence de la vache dans son milieu et se retrouve à l’origine de plusieurs problèmes auxquels l’activité de l’élevage moderne basée sur des méthodes hautement scientifiques et technologiques de la sélection génétique fait face depuis un certain nombre d’années. Celui du *désancrage* de l’activité d’élevage en crise depuis un certain nombre

d'années crée un besoin de reterritorialisation souligné par Bruno Latour dans son livre « Où atterrir ? » (2017). Le problème de *confiance* sociale dans le marché des ressources génétiques met en porte-à-faux l'organisation historique collective des échanges et de la gestion de ces ressources en tant que biens communs. Une réduction considérable de la *diversité génétique* qui fait suite à une rationalisation extrême de la production et de la reproduction animale met à l'épreuve l'organisation de l'élevage autour de la race pure au niveau global.

Cette tension, créée en partie ou du moins favorisée par des méthodes quantitatives d'évaluation génétique, est également rendue visible par ces mêmes méthodes. La notion d'*interaction génotype-milieu* formulée par le généticien américain D. S. Falconer (1952) vient alors problématiser au sein de la discipline une relation complexe entre l'environnement et la valeur génétique de l'organisme vivant comme objet de la sélection. Les effets de cette interaction réduits pendant longtemps au statut de résiduelle ou de marge d'erreur dans les estimations de la valeur génétique animale se sont avérés d'une importance certaine dans le contexte de la globalisation de la sélection bovine ouverte par la race Holstein dans les années 1960. Le concept d'*interaction génotype-milieu* se retrouve alors dans les arènes politiques, porté par des généticiens qui s'opposent à cette forme de globalisation marchande au nom de la préservation d'une diversité nécessaire à la poursuite de l'activité de la sélection. La seconde partie de la thèse a ainsi rendu compte du travail techno-politique d'une communauté de ces généticiens qui ont vu dans la globalisation des ressources génétiques bovines un danger pouvant conduire à l'hégémonie d'un standard unique porté par l'industrie américaine dominante sur le marché mondial. Le risque estimé d'une telle domination est non seulement une perte de souveraineté nationale et d'autonomie des éleveurs dans le choix de la génétique (à l'exemple de l'industrie mondiale des ressources végétales organisée autour de quelques géants privés multinationaux tels que Bayer-Monsanto, Dupont-Pioneer, Syngenta), mais aussi une standardisation des populations bovines poussée à l'extrême et menaçant ainsi à terme la survie de ces populations. Une connaissance produite et objectivée par la science de la génétique se voit ainsi négociée dans un rapport de pouvoir entre les acteurs scientifiques d'un côté et les acteurs marchands de l'autre. Elle se retrouve également au milieu d'une tension internationale transatlantique : entre les représentations différenciées du monde global de la sélection bovine portées d'un côté par l'industrie bovine américaine et de l'autre par la « vieille Europe » (pour reprendre le verbatim de MG, un de mes interlocuteurs). Les tensions entre ces deux 'mondes' dans le processus de globalisation des biotechnologies ont été déjà démontrées par les travaux de Jean-Paul Gaudillière et Pierre-Benoît Joly sur les cas des OGM (Gaudillière et Joly 2006) et du clonage animal (Joly 2016), ainsi que par le travail

comparatif des politiques d'innovation biotechnologique que Sheila Jasanoff (2007) a mené sur le terrain de différents pays d'Europe et des États-Unis. Cette partie de la thèse va dans le sens de ces travaux et confirme que « le global ne constitue pas une évidence, que la contestation des organisations et des régulations globales peut résulter de divergences et de tensions internationales » (Joly 2016, p. 444), et que les politiques de régulation des innovations biotechnologiques divergent d'un pays à l'autre, étant enchevêtrées dans des imaginaires sociotechniques historiquement et culturellement construits (Jasanoff 2007; Jasanoff et Kim 2015). Je vais néanmoins plus loin dans l'analyse de la participation du '*bios*' dans la construction du monde global et montre comment, représenté ici par la science de la génétique, il intègre les circuits technologiques et marchands en participant pleinement aux jeux de pouvoir entre les acteurs. Tantôt accepté comme utile, il arrive à relâcher ces tensions ; tantôt ignoré comme élément gênant par certains acteurs, tel un 'savoir inconfortable' (Rayner 2012), il les accentue de nouveau. Ainsi, une prise en compte des effets d'*interaction génotype-milieu* dans les méthodes d'évaluation internationale a permis aux généticiens de mettre en œuvre un service de commensuration des valeurs génétiques et de défendre la diversité, tant valorisée dans le monde européen, comme attribut du vivant utile à la construction du monde global. Une régulation scientifique des échanges marchands des ressources génétiques mise en œuvre de cette manière avait pour vocation d'éviter la domination d'un standard particulier et de préserver une diversité à plusieurs niveaux interdépendants (aussi bien génétique inter- et intrarace qu'au niveau des types d'élevage), nécessaire à la durabilité de la sélection génétique bovine. L'arrivée du nouveau paradigme technologique dit 'génomique' dans la sélection bovine globalisée est devenue l'occasion d'esquiver la nécessité de cette régulation et de faire revenir la représentation du vivant comme une commodité parfaite dont la valeur est extraite de son milieu et sert de valeur d'échange sur le marché global.

La troisième partie fait un retour du 'global' vers le 'local' et, en suivant les acteurs sur le terrain des pays dits 'en développement', rend compte de la construction de la vache locale à partir du monde globalisé de la sélection bovine. Les tensions relevées précédemment se répercutent inévitablement dans ces pays. Le désancrage de l'activité laisse ici une place à une compétition acharnée des acteurs économiques et scientifiques venant du monde développé qui apportent avec eux leurs visions divergentes de la globalisation. N'étant pas producteurs de leur propre génétique, ces pays dépendent technologiquement et économiquement des pays développés qui, étant à la pointe de la technologie moderne mise au service de la sélection, se partagent le marché mondial des ressources génétiques. Certains

acteurs des pays en développement sont alors porteurs d'une volonté nationale de retrouver une souveraineté économique et politique vis-à-vis des pays développés dominant sur le marché. Le chemin vers cette autonomie passe pour eux par une acquisition d'un savoir-faire technologique, en l'occurrence celui de l'évaluation génomique. C'est d'un côté le point de passage obligé pour rejoindre le monde dit développé qui les fait tant rêver. De l'autre côté, l'appropriation de cette technologie permet d'établir sa propre échelle de valeurs équivalente mais non égale à l'échelle dominante (celle de l'index TPITM américain) et de procurer ainsi un pouvoir de décision aux acteurs locaux pour garantir une relative autonomie par rapport au marché global. Néanmoins, la dynamique collective au niveau national, tant nécessaire à la mise en œuvre de cette nouvelle technologie d'évaluation génomique, n'est pour l'instant pas au rendez-vous (du moins dans le secteur laitier). Les acteurs du terrain (éleveurs et éleveurs-sélectionneurs) ayant d'autres préoccupations – tant économiques (crise du lait, baisse de productions suite aux sécheresses) que socio-politiques (insécurité) – ne sont pas motivés par des collaborations nationales au nom de la souveraineté nationale, se détournant d'un État qui selon eux les a abandonnés à leur sort depuis fort longtemps. Ils font leur marché des ressources génétiques individuellement à partir des offres foisonnantes en provenance de différents pays phares. Ils en composent leur propre vache idéale répondant aux besoins économiques dictés par le contexte actuel. Loin de l'objectivité et de la précision valorisées et promues par les acteurs scientifiques, la valeur locale de la vache se retrouve fabriquée dans l'esprit DIY ('Do It Yourself') à partir des outils accessibles dans des conditions d'absence (ou de défaillance) du système officiel d'évaluation. Cette troisième partie a donc mis en exergue une troisième (et la dernière pour cette thèse) tension entre la science globale et son application locale.

Qu'est-ce qu'impliquent ces tensions ? Pourquoi est-ce important de les relever ? Qu'est-ce qu'elles nous font comprendre ?

L'apport principal de la thèse : relever le défi de réintroduction de la 'vie' biologique dans la vie sociale

Parmi de nombreux éléments que j'ai pu voir et analyser durant mon travail de thèse, je voudrais apporter au lecteur, qu'il soit sociologue, généticien ou tout autre professionnel de la sélection bovine, des productions animales et plus général de l'industrie du vivant, une contribution à la compréhension du rôle que le vivant (*bios*) joue dans la construction de notre société. Dans sa tribune parue dans Le Monde en mars 2020 en pleine crise de la COVID-19,

Bruno Latour (2020) a souligné une fois de plus qu'il serait temps de réaliser « que la définition classique de la société – les humains entre eux – n'a aucun sens. [...] Une fois pris en compte tout le réseau dont il n'est qu'un maillon, le même virus n'agit pas de la même façon à Taïwan, Singapour, New York ou Paris.» Problématiser la globalisation au travers des organismes vivants dont l'enchevêtrement avec les éléments de leur milieu fait partie de leur ontologie propre, a permis de rendre compte de la complexité et de l'hétérogénéité de ces constructions et de comprendre la nécessité absolue de leur porter un regard holistique en les considérant dans leur contexte et dans leur dynamique. Ce regard doit dépasser le système industriel, dont la typologie dans le monde des productions laitières se limite souvent à la distinction des types d'alimentation des animaux comme source majeure d'énergie productive. Comme le pointe Thomas Heams (2019), le vivant n'a pas de frontières propres. Il doit être considéré au travers de ses relations.

La notion du territoire pour les constructions sociales dont Latour (2017) fait la promotion se rapproche de celle du milieu pour les organismes vivants conceptualisé par le naturaliste Jakob von Uexküll (2010 [1956]) au siècle passé. Elle se distingue de la notion d'environnement par l'implication des liens que nous (êtres vivants et constructions sociales) établissons avec certains éléments de notre environnement en nous créant ainsi notre milieu de vie ou un territoire qui nous procure le pouvoir d'agir et qui agit sur nous à son tour. Ainsi, les vaches, comme toutes autres constructions socio-bio-techniques, sont aussi à remettre dans leur territoire-milieu, que ce soit à des fins de production des savoirs ou des productions agro-alimentaires, que ce soit avec une finalité analytico-épistémologique ou pour une conception stratégique du développement technologique et économique.

La notion d'*interaction génotype-milieu* avec ses effets sur la valeur de l'animal ne représente qu'un élément parmi bien d'autres possibles à mobiliser pour reconsidérer le vivant dans nos activités sociales. Mise en politique par les scientifiques généticiens dans leur démarche vers une certaine forme du monde commun de la sélection bovine, cette notion avait pour objectif de « re-territorialiser » les productions animales avec pour perspective leur durabilité. Mais cette notion en provenance de la génétique quantitative est connexe à bien d'autres, tout aussi importantes, pour saisir la vie « anarchique » (Kupiec 2019) « qui échappe » (Heams 2019) aux catégories déterministes des sciences biologiques dites 'modernes'.

La *diversité* est une catégorie épistémologique essentielle dans les sciences biologiques et tout particulièrement en génétique des populations appliquée aux diverses activités de production agricole dont la durabilité dépend directement de la bonne gestion de la diversité

génétique. Si, comme peuvent l'affirmer les généticiens, la sélection animale et végétale dirigée par la volonté humaine n'est pas forcément synonyme de la réduction de la diversité génétique, la réalité capitaliste et industrielle de l'agriculture moderne soutenue par la technoscience nous fait en douter fortement. La standardisation extrême des systèmes de production est corollaire de la standardisation tout à fait similaire des organismes vivants qui y sont impliqués. La diversité doit donc être vue dans une perspective large avec le moins de cloisons possibles entre ses différentes applications. Si à un moment de ma narration, je l'ai séparée en trois niveaux (génétique, systèmes de production et international), c'est pour rendre visibles et pour mieux comprendre les enjeux portés par mes acteurs sur le terrain de la sélection bovine globalisée. La diversité génétique et la diversité des milieux ne font qu'une seule et même réalité : plurielle et dynamique. Cette diversité est tout aussi importante pour la *vie* biologique que pour la *vie* sociale qui doivent être vues et analysées dans leur *co-évolution* et non séparément, comme le voulait la longue tradition du partage strict des sphères de compétences entre les disciplines scientifiques. Le tournant engagé vers l'agroécologie donne quelques espoirs quant à la saisie de cette *co-évolution* notamment par des collaborations plus systématiques et plus systémiques entre les sciences biologiques et les sciences humaines et sociales.

Implications de la thèse pour les STS : intégration épistémologique du vivant au sein des constructions sociotechniques

Si les sciences sociales au travers des STS ont bien intégré l'importance épistémologique des liens qui existent entre les objets de nature technique et les humains, le vivant (au sens biologique du terme) reste pour l'instant à la marge des cadres analytiques sociologiques. J'ai mentionné dans l'introduction les Animal Studies comme le courant assez proche des STS de par leur démarche interdisciplinaire et symétrique qui permet d'inclure l'animal en tant qu'être doté de capacité d'action dans les recherches en SHS. Mais le nombre de laboratoires qui investissent ces recherches de manière systématique est assez limité. De plus, les Animal Studies, comme le nom l'indique, se focalisent sur l'animal conscient et sensible comme l'objet d'étude et non sur le vivant en tant que tel. C'est d'ailleurs aussi le cas de la sociobiologie, discipline qui a été créée au début du siècle précédent pour étudier les fondements évolutionnistes du comportement humain et social. Pourtant le rôle que le *bios* joue dans et pour la société est crucial à saisir si l'on veut le comprendre. Des prises nous manquent sans doute, rien que pour définir ce que c'est la *vie* (Heams 2019). Une des voies

possibles est celle que j'ai suivie dans cette thèse : impliquer les sciences biologiques dans le travail sociologique non seulement en tant qu'objet d'enquête ethnographique, mais dans une démarche interdisciplinaire en tant que co-productrices de la recherche et de ses résultats. Conceptuellement parlant, cela revient notamment à développer davantage le concept STS d'*agencement/réseau/dispositif socio-bio-technique* (Selmi et Joly 2014), notamment dans son application à certains domaines d'études comme l'agriculture, l'industrie agro-alimentaire et la médecine, pour donner de l'importance analytique au *bios* social. Le focus posé sur le vivant aide à voir différemment l'ensemble de nos systèmes sociétaux complexes. Ainsi, dans cette thèse, j'ai pu retravailler certaines notions que j'ai impliquées dans mon analyse de la sélection bovine à partir d'une des caractéristiques intrinsèques du vivant : son lien complexe au milieu/environnement, que les outils analytiques actuels rendent pour le moment peu intelligible et que les industries du vivant régies par l'économie marchande ont tendance à ignorer. La déconstruction de la notion d'évaluation génétique impliquant les processus de *valuation* et de *quantification* a permis de démontrer l'importance des *conventions d'équivalence* dans la chaîne de traduction de la valeur qualitative en chiffres et formules. Ces conventions d'équivalence mises en lumière par Alain Desrosières (2014) prennent de fait une dimension territoriale forte, étant obligées de tenir compte du milieu de vie (dans le sens que lui donne Uexküll (2010)). Si la contextualisation de toute construction sociale n'est pas totalement nouvelle en soit dans l'approche analytique des SHS (cf., par exemple, Haraway (1988) pour les savoirs situés ou Suchman (1987) pour les actions situées), l'analyse des *agencements socio-bio-techniques* met en lumière une nouvelle forme de telle contextualisation objectivée par les sciences biologiques. Elle tient au lien intrinsèque, observable jusqu'au niveau moléculaire, entre les organismes vivants et leur milieu. Partir de ce postulat permet de renouveler les discussions sur certains objets sociologiques comme, par exemple, la diversité et les standards. Ainsi, dans les parties 2 et 3 de la thèse, je mets en lumière le travail techno-politique que des scientifiques généticiens mènent en opposition à la logique marchande des acteurs économiques et en faveur de la diversité nécessaire à la poursuite durable de l'activité d'amélioration génétique bovine dans le monde globalisé. La diversité se déclinant en niveaux (i) génétique, (ii) de systèmes de production et (iii) international doit justifier son utilité et devient alors l'objet de différend politico-économique et de régulation technoscientifique. Sa préservation devient un engagement épistémique et politique pour ces chercheurs qui portent cette cause dans les arènes professionnelles nationales et internationales et mettent en œuvre un dispositif de *commensuration* des valeurs génétiques bovines prenant en compte l'*interaction génotype-milieu*. La portée de cette

commensuration fondée sur un modèle d'analyse statistique (MACE) va donc bien au-delà du dispositif technique de calcul : c'est le choix d'un modèle d'un monde commun construit sur des valeurs de la diversité. Cette analyse a donné lieu à l'article paru dans la *Revue d'anthropologie des connaissances* et intitulé « La science fait de la résistance. Le rôle techno-politique d'une connaissance scientifique dans la globalisation de la sélection animale » (Chavinskaia 2020). Se positionnant en complément et en réponse à la littérature analysant la relation de 'complicité' entre les activités scientifiques et économiques (Kleinman et Vallas 2001; Callon et Muniesa 2003; Bonneuil et Thomas 2009; Çalışkan et Callon 2010; Çalışkan 2010; Kleinman 2010; Moore et al. 2011; Callon 2013), cet article analyse la production des connaissances par la science de la génétique animale non seulement en tant que contribution à la marchandisation des ressources génétiques bovines, mais également comme une résistance à leur marchandisation complète. Partant toujours de l'ancrage du vivant dans son milieu, la seconde publication (Chavinskaia et Loconto 2020) est une contribution à la sociologie des standards et plus particulièrement dans leur relation complexe à la diversité (G. C. Bowker et Star 2000; Busch 2013; A. M. Loconto 2017). Intitulé « Keep Diversity – Make Standards! Spaces of Standardization for Diversity Analyzed through Cattle Breeding Industry », l'article soutient et développe par le travail empirique le cadre analytique proposé par Loconto et Demortain (2017) et qui conceptualise les espaces de standardisation dans lesquels la diversité émerge. La sélection bovine, qui opère les standards (races) d'animaux qui ont été créés et qui ont évolué dans des milieux précis, permet de bien asseoir empiriquement et théoriquement l'ancrage des standards dans leurs écologies et de généraliser ainsi l'apport conceptuel du cas particulier de l'industrie bovine à l'analyse des standards dans d'autres domaines. A partir du processus de la globalisation de certaines races, nous avons posé la question du changement du standard lorsqu'il change d'écologie¹³⁵ (question importante pour la compréhension de l'émergence de la diversité au travers des processus de standardisation) et nous avons pu ainsi compléter les trois espaces initialement travaillés par Loconto et Demortain (2017) - 'standards in the making', 'standards in action' et 'standards in circulation' – par un quatrième – 'standards in interaction' - en l'argumentant à partir de mon analyse d'Interbull (cf. chapitre 3) comme espace de commensuration des standards placés dans des écologies différentes.

Le concept de *commensuration* appliqué au processus de recherche d'équivalence entre les valeurs quantifiées des animaux se présente à nous sous une nouvelle lumière également.

¹³⁵ Le terme 'écologie' emprunté par les STS aux sciences naturelles désigne ici un contexte, un environnement de l'objet étudié en mettant l'accent sur un équilibre naturel et fonctionnel entre ses éléments.

Avec sa nouvelle composante biologique (en complément de sa double nature sociotechnique définie par Espeland et Stevens (Espeland et Stevens 1998b) et Desrosières (2014)), il se vêt d'une nouvelle forme de contingence et renforce son caractère dynamique. Trois points suivants ont été notés en particulier pour retravailler le concept de commensuration à partir du cas des valeurs génétiques bovines :

- (i) les méthodes de calcul statistiques voulues et vues comme universelles pour quantifier les valeurs génétiques des animaux n'assurent pas leur comparabilité ;
- (ii) la contextualisation des valeurs génétiques tenant compte de leurs milieux de production et d'application appelle à rechercher de nouvelles formes d'équivalence ;
- (iii) la commensurabilité n'est pas tenue à une seule et unique métrique commune, mais peut être atteinte par l'introduction d'un paramètre particulier dans le dispositif technique d'équivalence traduisant la volonté des acteurs de préserver justement la diversité des métriques.

La commensuration ne doit donc pas être considérée comme un état stabilisé, mais comme un processus dynamique où les informations d'entrée se renégocient en permanence. Le pouvoir du *centre de calcul* qui opère la commensuration réside ainsi non seulement dans sa capacité de centralisation d'informations hétérogènes, comme l'a défini Latour (2006), mais aussi et surtout dans sa capacité de traduction ou de rétablissement continu de liens, contingents et éphémères, entre eux.

Si j'ai pu dans cette thèse (et à partir de cette thèse) retravailler certains concepts sociologiques en impliquant le vivant dans mon analyse, le potentiel épistémologique de la 'sociologie du vivant' est sans aucun doute plus important. Dans le monde actuel de la *biopolitique*, des *biotechnologies* et de l'alimentation '*bio*', que veut dire le *bios* ? Quelle place accorder au vivant dans la société anthropocentrée à l'ère de l'anthropocène ? Y a-t-il une frontière entre la *vie sociale* et la *vie* dans le sens biologique du terme ? Les STS sont équipées d'outils et de principes épistémologiques *ad hoc* (le principe de symétrie, l'approche en réseau ou l'agencement d'éléments hétérogènes, la méthode ethnographique appliquée aux laboratoires de recherche) pour inclure le vivant de manière plus généralisée et systémique dans leur viseur et apporter des éclairages à ces questions. Certains laboratoires et programmes de recherche interdisciplinaires la font déjà, comme notamment le centre BIOS (Centre for the Study of Bioscience, Biomedicine, Biotechnology and Society) créé Nicolas Rose, biologiste et sociologue travaillant dans le domaine biomédical appliqué à l'humain au sein de London School of Economics. Ce à quoi j'espère avoir contribué avec cette thèse qui argumente sur le sujet depuis le monde agricole.

Implications de la thèse pour la discipline de la génétique animale : science génétique – science politique

L'apport de cette thèse à la génétique animale est certes limité par son ancrage épistémologique dans les sciences sociales. Elle peut néanmoins éclairer certaines questions non moins importantes pour la discipline que celles qui s'orientent vers la recherche de méthodes toujours plus performantes d'évaluation du potentiel génétique des animaux d'élevage. Après mon implication professionnelle à leur côté pendant plusieurs années, j'ai voulu apporter aux collègues généticiens un regard nouveau, extérieur et sociologiquement objectif, sur leur activité de la production des connaissances.

Une socio-histoire de la génétique animale pour mieux construire son avenir

Premièrement, il m'a paru important de consolider le regard sur la discipline de la génétique animale au travers de son analyse socio-historique approfondie, telle une extrospection qui pour moi peut servir d'introspection disciplinaire pour les chercheurs généticiens. Compte tenu de mon propre ressenti ainsi que de celui exprimé par quelques collègues impliqués dans l'enseignement supérieur agronomique quant à une perte de popularité de la spécialité auprès des étudiants, il me semble opportun et même nécessaire d'apporter cette vision afin que les jeunes spécialistes des sciences animales puissent forger leurs engagements épistémiques et professionnels en toute connaissance du processus de construction de l'amélioration génétique animale dite 'moderne'. De mes discussions informelles avec des étudiants ou jeunes chercheurs, je conclus que la question de 'comment et pourquoi on en est arrivé là ?' ne semble pas se poser de manière consciente chez les jeunes générations. Elle est pourtant importante pour celui ou celle qui se prépare à devenir chercheur(e) et à exercer son métier de manière éthique et responsable.

La production des connaissances en génétique comme source de diversité marchande

Deuxièmement, sur le fond des critiques de plus en plus fréquentes émises à l'égard des impacts néfastes des activités technoscientifiques absorbées par la logique de l'économie marchande, je tiens à noter à l'issue de cette thèse que le rôle de la science ne peut pas être limité aux services rendus au marché et à la réponse aux demandes des acteurs économiques. Ce que j'ai appelé dans mon article récent (Chavinskaia 2020) la 'résistance' des scientifiques

génétiens aux tendances globalisantes que le marché des ressources génétiques bovines suit depuis plusieurs décennies, est une manifestation du rôle ambivalent que la science joue dans et pour la société. D'un côté, par ses outils analytiques, notamment de quantification, elle 'pacifie' les différents objets étudiés, dont les organismes vivants, et contribue ainsi à les transformer en commodités inertes commercialisables sur le marché ; de l'autre, par des connaissances produites, elle est là pour limiter cette marchandisation là où elle ne peut plus continuer sans risque d'effondrement de l'activité. Elle protège ainsi la nature de *commodité fictive* de certains objets, matières ou phénomènes qui, selon Karl Polanyi (2007 [1944]), ne doivent surtout pas devenir marchandises à part entière. Dans ce sens, je rejoins le discours assez normatif que le sociologue Michel Callon a tenu au sujet de la privatisation de la recherche (Callon 1994). Il y défend la science publique non pas pour sa compétence intrinsèque de production de savoir universel et non appropriable comme un bien public, mais pour sa capacité de produire de la diversité au sein des agencements sociotechniques face aux mécanismes stabilisateurs et uniformisateurs d'une certaine forme du marché qui valorise l'économie d'échelle et qui s'avère souvent être dominante. C'est précisément ce qu'on observe avec l'expansion mondiale de la race Holstein et, à l'intérieur de cette race, des gènes jugés les plus performants de seulement quelques taureaux reproducteurs. La science dite 'publique', préconise Callon, doit se mobiliser contre les verrouillages du marché en faisant circuler les connaissances produites, en constituant et en faisant proliférer de nouveaux collectifs porteurs de ces connaissances. C'est précisément ce que j'ai noté lorsqu'une communauté de chercheurs généticiens s'est saisie du problème du verrouillage marchand autour de la race Holstein américaine, a mobilisé dans les arènes professionnelles internationales la connaissance de l'existence de l'effet d'*interaction génotype-milieu* sur la valeur génétique des animaux et continue à œuvrer depuis à son développement et à sa promotion notamment auprès des acteurs dans les pays en développement. Et maintenant que l'industrie de la sélection s'est saisie de méthodes, d'outils et donc de compétences d'évaluation génétique et génomique ; que les caractères d'intérêt économique sont donc évalués par des entreprises de sélection et de production de semence et que leurs services de recherche et développement mettent en place des stratégies de recherche à court terme pour satisfaire leurs besoins économiques immédiats, la recherche dite publique, avec sa logique à long terme, se concentre sur la production de connaissances nouvelles (par exemple, de nouveaux caractères de sélection, ou une nouvelle méthode d'évaluation comme le Single Step) qui ne sont pas pour le moment intéressants pour le marché, mais qui, le moment venu (une fois le problème construit et une fenêtre d'opportunité ouverte), pourront intervenir

techniquement et politiquement pour ré-agencer l'agencement en crise. La poursuite des recherches et des coopérations interdisciplinaires, interprofessionnelles et internationales, portées par des causes importantes et scientifiquement justifiées (ici la préservation de la diversité), comme préconisé par Callon, ne peut alors qu'être encouragée.

L'approche holistique de l'évaluation génétique animale – la clé de voute d'une modélisation fiable et d'une sélection durable

Le troisième point relevé porte sur la prise en compte épistémique de l'approche holistique du vivant dans les systèmes industriels. Pour la plupart des généticiens du réseau d'acteurs que j'ai suivis dans mon enquête, un tel regard holistique sur les animaux évalués a une grande importance et détermine la qualité du travail de modélisation (Ducrocq 2020). Néanmoins, il est nécessaire de rappeler cette importance aux nouvelles générations de généticiens quantitatifs qui, venus de plus en plus souvent des sciences mathématiques et informatiques, manipulent les chiffres et les formules sans voir l'animal en chair et en os derrière les chiffres abstraits. La généralisation de cette démarche qui ignore l'organisme vivant comme objet-même de l'évaluation, qui ignore les pratiques de mesures effectuées sur le terrain, bref, qui ignore les composantes biologique et sociale de l'agencement socio-BIO-technique, a forcément des conséquences néfastes sur l'équilibre de ce dernier et met en péril l'activité de la sélection et de l'élevage à terme dans son ensemble.

Dans la continuité de mon approche artistique adoptée dans cette thèse, un autre parallèle avec le surréalisme s'impose ici : celui avec Pablo Picasso et ses fameux taureaux (Fig. 95).



Fig. 95 Pablo Picasso, Les 11 états successifs de la lithographie « Le Taureau », 1945. Photo prise au Musée Picasso à Paris le 7 mai 2019

Dans sa période de proximité avec les surréalistes, il réalise cette série de lithographies en partant d'un taureau 'réaliste' et en enlevant progressivement les masses pour arriver à l'œuvre épurée où l'animal n'est représenté que par une seule ligne. D'après les souvenirs de Fernand Mourlot (1979), le lithographe qui a réalisé ces épreuves, le travail a duré deux semaines pendant lesquels Picasso revenait à chaque fois avec un dessin de plus en plus simplifié. A la fin, un apprenti à l'atelier a dit : « Picasso, il a fini par là où, normalement, il aurait dû commencer. » « C'est vrai, a répondu le maître lithographe, seulement pour arriver à son taureau d'une seule ligne, il a fallu qu'il passe par tous les taureaux précédents. Et quand on voit son onzième taureau on ne peut s'imaginer le travail qu'il lui a demandé. » Plus tard, dans ses conversations avec le photographe Brassai publiées par ce dernier (2004), Picasso commente son exercice :

« Il faut fortement viser à la ressemblance pour aboutir à un signe. Pour moi, la surréalité n'est autre chose, et n'a jamais été autre chose que cette profonde ressemblance au-delà des formes et des couleurs sous lesquelles les choses se présentent. »

Dans cette œuvre de Picasso il y a pour moi un parallèle très parlant avec le travail de généticiens quantitatifs comme modélisateurs. Les index chiffrés auxquels ils aboutissent dans leur travail de quantification sont des représentations certes simplifiées et très approximatives des animaux évalués. Mais ce travail doit toujours être fait du plus compliqué vers le plus simple pour que le chemin inverse soit également possible et pour que dans le modèle simplifié chacun puisse reconnaître son propre taureau et sa propre vache.

L'alliance du gène et du milieu

Porter un regard holistique implique la notion du milieu et pose la question des limites de cette approche dans un paradigme actuel de l'industrie du vivant 'hors sol': faut-il continuer à séparer l'animal de son milieu ? si oui, où tracer la frontière ? si non, comment départager le savoir scientifique et la réalité économique ? Dans la première partie de la thèse, nous avons pu suivre, entre autre, l'évolution de l'implication du milieu dans l'évaluation génétique bovine. Nous avons constaté une complexification de sa relation au génome reflétée dans les modèles de base de la génétique quantitative. Du modèle $\mathbf{P} = \mathbf{G} + \mathbf{E}$ on est passé à $\mathbf{P} = \mathbf{G} + \mathbf{E} + \mathbf{e}$ et enfin à $\mathbf{P} = \mathbf{G} + \mathbf{E} + \mathbf{G}*\mathbf{E} + \mathbf{e}$ (où \mathbf{P} – phénotype, \mathbf{G} – génotype, \mathbf{E} –

environnement/milieu, **G*E** – interaction génotype-milieu, e – résiduelle qui se rapporte aux effets de l’environnement non contrôlé). A l’heure actuelle, les recherches qui portent sur les mécanismes épigénétiques sont en expansion notable non seulement dans leurs applications à l’humain, mais également dans le monde de la sélection bovine (Beaujean et al. 2020). Dans les réflexions sur l’agroécologie (Caquet et al. 2019), les recherches sur la diversité génétique ont pour objectif d’étudier différents types d’interactions en prenant en compte les relations complexes entre les variables à plusieurs niveaux : génétique (G), microbien (M), environnement/milieu (E), système de production (C) et produit agricole (P). Ainsi, l’interaction **G*M*E*C*P** serait alors à extraire de la résiduelle et à inclure dans les modèles en tant que variable importante.

Il est bien utile donc de se souvenir de cette évolution qui témoigne d’une remise en question sûre et progressive du paradigme déterministe de la génétique en impliquant de plus en plus de variables dont l’importance évolue avec les enjeux sociétaux et dont la signification se renégocie entre l’objectivité scientifique et les impératifs socio-économiques. Étant donné que la définition et les usages de la notion du milieu/environnement sont très flexibles, que le milieu n’a pas d’ontologie propre et que sa perception (ou sa construction) sociale ne peut pas être abordée par des approches déterministes (cf. section 2.3. du chapitre 2), les concepts d’ordre traduisant le phénomène biologique comme l’*interaction génotype-milieu* ou l’épigénétique ne peuvent être vus que dans leur évolution et inscrits dans leurs contextes politique et historique (Bonneuil 2016). Le contexte actuel dans son ensemble, et en particulier dans le monde agricole porté par l’objectif de la transition agroécologique, semble être favorable à ce que la ‘vie’, délaissée pendant tout « le siècle du gène » (Keller 2003; Bonneuil 2016), fasse son grand retour aussi bien dans l’espace épistémique de la génétique soutenu par les revendications sociétales vis-à-vis du changement climatique, de la crise écologique et du bien-être animal.

Le pouvoir politique de la connaissance scientifique

Un autre point d’importance à relever est celui du caractère politique des savoirs produits malgré leur objectivité démontrée selon les critères scientifiques. Des négociations et renégociations entre les différents types d’acteurs font intrinsèquement partie de tout processus d’innovation, long et périlleux, et il n’est jamais évident de savoir qui à la fin sera gagnant¹³⁶.

¹³⁶ Pour des analyses des batailles scientifiques qui ont marquées l’histoire de la science, il est intéressant de regarder notamment les ouvrages suivants : « Léviathan et la pompe à air. Hobbes et Boyle entre science et

Nous avons bien noté que la décision de l'industrie d'intégrer ou non la notion d'*interaction génotype-milieu* dans les schémas de sélection bovine aussi bien au niveau national qu'international ne dépendait pas seulement de la validation de l'existence réelle de cette interaction au niveau des organismes vivants. Ce savoir a eu son premier rôle politique bien avant qu'il ne soit pleinement construit scientifiquement pour pouvoir distinguer la 'vraie' *interaction génotype-milieu* au niveau biologique de l'interaction intégrant les variables socio-politiques et économiques. Mais c'est justement cela qui fait la richesse de cette notion du point de vue sociologique.

Implications de la thèse pour l'industrie de la sélection bovine : l'industrie du vivant est-elle une industrie comme les autres ?

L'étude de la globalisation du marché de la semence bovine présentée dans cette thèse questionne l'organisation mondiale de l'amélioration génétique. L'analyse socio-historique de ce processus a relevé de nombreuses tensions qui l'accompagnent et qui redistribuent les cartes du pouvoir entre les acteurs qui ont des conceptions plus ou moins différentes de l'avenir de l'industrie dans sa forme globale. Mes observations au cours de mes années de présence sur le terrain m'ont permis de relever certaines tendances d'évolution de cette industrie du vivant au niveau global. Je les présente ici sous forme d'une discussion à engager avec des professionnels sur les enjeux passés, en cours et à venir.

La période de globalisation est marquée par de nombreuses tensions et contraintes économiques et politiques qui traversent le monde de la sélection bovine et que par ailleurs le lecteur a pu certainement constater dans d'autres secteurs industriels. Le marché mondial des ressources génétiques animales n'étant pas questionné en soi, sont débattus, en revanche, l'homogénéisation des systèmes de sélection et de production, le degré d'autonomie des pays dans le choix de la génétique pour leurs propres industries nationales et les formes de régulation, nécessaires ou non, du marché global. Même si ces questions peuvent paraître similaires à celles qui se poseraient au sein de n'importe quelle autre industrie en voie de globalisation et qui fait face à des acteurs économiques dominants dans le secteur - comme les États-Unis notamment dans bien des cas - je réitère mon argumentation sur la manifestation indéniable de la nature des organismes biologiques dans les constructions sociotechniques

politique » de Steven Shapin et Simon Schaffer (1993) sur la controverse scientifique du XVII^e siècle entre Thomas Hobbes (1588-1679), adepte de la science rhétorique et Robert Boyle (1627-1691), fondateur de la science expérimentale ; et « Pasteur : guerre et paix des microbes. Suivi des irréductions » de Bruno Latour (2011) sur les débats entre Louis Pasteur (1822-1895) et Félix Archimède Pouchet (1800-1872) sur la théorie de la génération d'êtres vivants à partir de la matière inerte.

complexes dont ils font partie. Les enjeux liés à la globalisation de l'industrie automobile (pour prendre en exemple le parallèle préféré des généticiens spécialistes des bovins) n'étant pas les mêmes, les débats qui traversent le paysage international de l'automobile n'impliquent pas les mêmes types d'acteurs et ne prennent pas les mêmes formes. Même si la souveraineté nationale de l'industrie automobile fait partie des enjeux stratégiques pour certains pays, il est difficile d'imaginer les scientifiques spécialistes des matériaux prendre leurs bâtons de pèlerin pour aller défendre dans des arènes professionnelles internationales la nature profondément différente entre les 'Renault' françaises et les 'Ford' américaines ou entre les 'Renault' produits en France et celles produites en Turquie ou au Brésil. Les mobilisations sociales ne portent pas non plus sur le même type de causes éthiques dans l'industrie du vivant (par exemple, les OGM ou le bien-être animal) que dans l'industrie automobile ou textile où ce sont principalement les questions de pollution et d'enjeux socio-économiques liés à la délocalisation des productions qui préoccupent les citoyens. Derrière les débats explicites et apparents, les tensions internationales de l'industrie de sélection bovine portent implicitement sur le degré de transformation des ressources génétiques en commodités inertes et immuables.

Deux formes d'ordre global de la sélection

Deux formes d'ordre global, alternatives et concurrentes font vaciller depuis une cinquantaine d'années l'organisation de la sélection bovine mondiale. L'*ordre technoscientifique* est porté dans les arènes internationales par les scientifiques généticiens au service de leurs états respectifs. Il implique la notion de race comme bien commun géré au niveau national. Il a comme raison d'être le besoin de conserver la diversité de systèmes de sélection et donc de valeurs au niveau global. Il distingue ces valeurs selon les contextes de leur usage. Il s'oppose ainsi à la domination d'un standard particulier de la race et promeut la diversité comme condition *sine qua non* de la durabilité de la sélection. Il suppose également la nécessité d'une régulation stricte du marché sans laquelle le risque de dérives capitalistiques est important (comme le taux de plus en plus élevé de consanguinité des populations bovines). Cette régulation s'organise sur la base des connaissances scientifiques considérées comme objectives et incarnées dans un dispositif technologique ad hoc. La régulation prend une forme de commensuration ou d'établissement d'équivalence entre les valeurs génétiques différenciées en fonction des contextes nationaux. Le centre de calcul est doté du pouvoir de centralisation et d'analyse des informations des différents pays et assure

leur comparabilité nécessaire à la circulation des ressources génétiques dans l'espace marchand globalisé.

Alternatif au premier, l'*ordre marchand* de la sélection globale est porté avant tout par les acteurs économiques qui valorisent une compétition marchande. Supposés sans différenciation par rapport au milieu de leur production et de leur usage, les index se font une concurrence dite 'libre', fondée sur des outils de marketing et les préférences des consommateurs. La diversité est supposée être maintenue au travers des choix des consommateurs faits sur la base du potentiel améliorateur différencié par caractère d'intérêt et transformé en 'marque' commerciale.

Le marketing génétique

C'est ce second ordre qui semble prendre le dessus sur le premier, surtout depuis l'arrivée de la génomique qui, au niveau de l'évaluation, esquivé le besoin de commensuration centralisée des index¹³⁷. Les catalogues de semence font dorénavant figurer des 'marques' ou des 'gammes' ou des 'labels' (cf. Figs. 69 et 70, paragraphe 4.2.4 du chapitre 4) aux côtés des index génétiques globaux et unitaires et permettent de réaliser des classements croisés des animaux reproducteurs selon les caractères évalués au sein de chaque entreprise. Ainsi s'effectue la différenciation des produits sur le marché régi par l' 'économie des qualités' (Karpik 1989; Callon, Méadel, et Rabeharisoa 2000)

La place hégémonique de race Holstein remise en question

Un changement important pour l'organisation de la sélection au niveau mondial a été relevé quant à la place historique de la race Holstein comme race dominante. Sur le terrain des pays émergents (cf. Partie 3), on se rend compte du déplacement de son statut de leader sur le marché mondial des ressources génétiques. Elle ne l'est plus (ou moins) pour sa rentabilité économique indiscutable due à sa performance productive, mais elle l'est encore en tant que race 'modèle' porteuse de technologie d'évaluation génomique. Elle devient race test avant de 'transférer' cette technologie à d'autres races ou espèces animales plus intéressantes économiquement dans les différents contextes notamment des pays du Sud. De plus, elle

¹³⁷ Les associations de la race Brune, petite race au niveau global, ont décidé de maintenir l'organisation une évaluation génomique centralisée auprès d'Interbull (consortium Intergenomics, cf. paragraphe 4.2.3 du chapitre 4), mais une enquête est à faire quant à l'utilisation effective de cette évaluation internationale par les entreprises de semence et par les éleveurs.

participe activement à des pratiques d'hybridation/croisement des races qui sont de plus en plus fréquentes et plus seulement dans les pays en développement. Elle apporte en effet ses 'gènes' de productivité à d'autres races, plus rustiques et adaptées à l'environnement local.

Des défis pour les méthodes d'évaluation

Les méthodes statistiques d'évaluation génétique développées au sein des grands pays occidentaux au service de leurs industries de sélection, sont en permanence défiées par des évolutions d'ordre systémique. L'évaluation génétique est capable d'analyser un grand nombre d'informations regroupées à partir différents espace-temps en établissant des liens entre les mâles et les femelles, entre les générations et entre les lieux. Mais elle pose des problèmes de coût élevé et d'intervalle générationnel long. L'évaluation génomique intègre les informations moléculaires en résolvant en partie ces problèmes. Elle porte également des promesses de résolution d'autres défis d'ordre global en améliorant des caractères tels que la résistance aux maladies ou l'émission de méthane que les méthodes non génomiques d'évaluation génétique ne pouvaient pas prendre en charge. En revanche, elle pose aussi de nouveaux problèmes : un biais de la présélection du côté technique et un fossé d'inégalité creusé davantage au niveau international du côté socio-économique et politique. La nouvelle méthode appelée Single Step, en cours de développement, est censée réunir les deux approches (génétique et génomique) et résoudre ainsi le problème technique. Saura-t-elle pour autant répondre aux problèmes socio-politiques ?

Un autre défi que les généticiens essaient de relever au niveau des méthodes d'évaluation est de dépasser le cloisonnement du paradigme de race pure et de développer une évaluation multi- ou interracial. Bien avancée en Australie et en Nouvelle Zélande où les pratiques de croisement entre les races sont relativement anciennes, cette évaluation peine à voir le jour dans d'autres pays où la culture de sélection en race pure est très forte, mais ce travail continue et s'approche lentement mais sûrement de l'objectif fixé (Hayes et al. 2009; Hozé et al. 2014).

Que l'on appelle cela une fuite en avant ou des révolutions technologiques, ce processus d'innovation sans relâche n'est aucunement remis en question. En attendant, dans les pays qui n'ont pas de moyens de mettre en place un système d'évaluation génomique propre au niveau national, comme c'était le cas des pays pionniers, l'évaluation 'Do It Yourself' se pratique assez librement. Qu'elle soit en race pure comme en Afrique du Sud, en croisement comme en Inde ou sans distinction de race comme au Kenya, elle n'est pas aussi précise et fiable que

dans les grands pays occidentaux disposant des moyens technologiques et organisationnels à la pointe de la ‘modernité’, mais elle semble en grande partie satisfaire les acteurs locaux qui y trouvent leur compte et continuent à ‘progresser’ chacun à son rythme avec les moyens disponibles (cf. chapitre 6).

L'évolution de l'organisation de la sélection au niveau mondial

Ces trois points relevés – (i) la création des ‘marques’ génétiques, (ii) une remise en question des races hégémoniques et (iii) de nombreuses possibilités de ‘bricolage’ au niveau de l'évaluation – questionnent l'avenir de la sélection organisée en race pure, du moins au niveau global. En effet, les races globalisées présentent un certain nombre d'inconvénients en termes d'adaptation aux différents environnements et en termes de difficulté à organiser une gestion coopérative des ressources génétiques. L'organisation de la sélection bovine au niveau mondial aura - on peut en faire l'hypothèse - un caractère fortement dual entre ces implications globales et locales. Des races locales, ancrées dans le ‘terroir’ des productions agroalimentaires, aussi bien de viande que de lait, seront gardées et préservées dans certaines régions du monde, notamment en Europe et probablement dans des pays comme l'Inde qui ont tendance à valoriser leur patrimoine génétique. En parallèle, les races globalisées peuvent se transformer en pools de gènes où les éleveurs et les sélectionneurs pourront choisir ‘à la carte’ non plus la promesse d'un animal vu dans son ensemble productif, mais simplement des caractères unitaires utiles à améliorer. Une telle ingénierie de la sélection supportée par des technologies modernes de reproduction et d'évaluation, restera-t-elle longtemps dans l'ombre des pratiques de l'ingénierie génétique jugées plus ‘interventionnistes’, comme la transgénèse, le clonage ou la biologie de synthèse?

Des controverses possibles

L'amélioration génétique animale est en effet une activité qui, aujourd'hui, mobilise fortement les biotechnologies, mais qui reste pour autant relativement peu controversée. Elle échappe pour le moment à des débats majeurs et à des oppositions fortes de la part de la société civile. Quelques articles de presse que j'ai déjà mentionnés ici commencent néanmoins à traiter le sujet en attirant l'attention du ‘grand public’ sur la domination de la race Holstein au niveau global et son problème de consanguinité (Cox 2018; O'Hagan 2019b; 2019a). Est-ce le début d'une nouvelle controverse qui gagne la filière animale, cette fois liée

aux dérives de la sélection ? Les avancées technologiques des dernières années la rapprochent indéniablement du statut de bio-ingénierie assimilée à des moyens technologiques modernes de manipulation et de contrôle du vivant par la modification du génome (Raimbault 2018). Les spécialistes de la génétique le notent : le modèle de la sélection animale se rapproche de celui du végétal (Hickey 2019). Or, le modèle végétal de la sélection est justement associé à un haut niveau de manipulation technologique du vivant et à l'appropriation des ressources génétiques par des grandes multinationales semencières, ce qui suscite de vives critiques et des oppositions au sein de la société depuis plusieurs décennies (Bonneuil et Thomas 2009; Cornilleau et Joly 2014). Pourtant les acteurs de la sélection bovine, tout en se mettant en garde vis-à-vis du modèle végétal, œuvrent à la réduction de l'intervalle de génération chez les animaux d'élevage, un des critères importants qui rapprochent les deux modèles. Les résultats obtenus, surtout avec l'arrivée de la génomique dont une des principales promesses était justement de diviser par deux l'intervalle entre générations, font que la production des ressources génétiques devient une affaire de plus en plus intéressante pour le marché de masse et donc de plus en plus convoitée par le secteur privé. Le modèle coopératif traditionnel de l'amélioration génétique bovine laisse progressivement la place à un modèle privé tout à fait similaire à ce que les plantes ont connu très rapidement dans l'histoire de l'industrie de la sélection (Bonneuil et Thomas 2009). Des acteurs privés comme Zoetis, filiale du géant pharmaceutique américain Pfizer, ou Sexing Technologies Genetics, filiale de l'entreprise américaine détentrice du brevet exclusif de la technologie de sexage de la semence, émergent sur le marché des ressources génétiques bovines et se préparent à faire de l'ombre aux coopératives historiques de l'industrie, même à ceux qui, comme le néerlandais CRV, le canadien Semex ou les américains ABS et World Wide Sires ont intégré pleinement la logique marchande et sont devenus d'importants acteurs internationaux sur le marché de la semence.

Limites et ouvertures de la thèse

Si j'ai répondu à la question de ma fille et si j'ai préparé quelques réponses à ses questions futures, si j'ai, je l'espère, éclairé par mon analyse certains questionnements des collègues sociologues et généticiens, le sujet du vivant et de sa place dans notre société est vaste et difficile à explorer sur ces 350 pages. A de nombreuses étapes de la construction de ma narration, j'ai fait face à des embranchements et ramifications de chemins possibles à prendre et j'ai éprouvé de grandes difficultés à faire mes choix de l'itinéraire analytique. Le vivant est

multiple. C'est un réseau composé d'éléments hétérogènes et variables. Le gène qui, pendant quasiment tout le siècle précédent, a été considéré comme l'élément principal, l'acteur phare, tel le chef d'orchestre qui ordonne et coordonne le processus de la construction de la vie (Keller 2003; Bonneuil 2016), se révèle ne pas être seul dans cette orchestration. Benjamin Raimbault (2018) dans sa thèse sur les pratiques de bio-ingénierie a mis en lumière le compagnon de route du gène – l'enzyme – en définissant ainsi une deuxième nature du vivant – le vivant chimique. « L'enzyme, dit-il, est un acteur complémentaire du gène. Il est celui qui régule les vitesses, produit, sculpte un vivant moléculaire mais chimique. [...] Ni alternative, ni parallèle, la molécularisation s'opère dans l'ombre de l'ADN tout en intégrant les savoirs, les pratiques et l'instrumentation de la génomique comme l'a bien montré le cas de la biologie synthétique » (pp. 627-628). L'intégration d'un acteur autre que le gène a permis à l'auteur de voir et de montrer à ses lecteurs les pratiques d'ingénierie génétique autrement que par une manipulation des séquences d'ADN. Oui, le vivant est complexe. Le biologiste Thomas Heams (2019) parle de formes de vie intermédiaires, des 'infravies', qui rejettent la conception mécanistique du vivant, prédominante dans les courants scientifiques et industriels pendant de nombreuses décennies. Jean-Jacques Kupiec (2019), un autre biologiste, plaide en faveur de l'arrêt du paradigme déterministe des sciences génétiques.

Dans la présente thèse, j'ai pu mettre en lumière les pratiques d'acteurs au travers desquelles nous apparaît un autre compagnon du gène, bien complexe et composé lui-même d'une multitude d'éléments variables – l'environnement. Le *vivant-milieu* est un mode d'existence du vivant qui semble être celui qu'il faut pouvoir saisir pour comprendre la 'vie'. Du moins, c'est ce qu'ont essayé et essaient toujours de faire de nombreux biologistes et philosophes depuis la nuit des temps. Ma thèse se limite à une ambition bien plus modeste : tenter de comprendre le *vivant-milieu* dans un dispositif industriel – celui de la sélection bovine. De la même manière, d'autres recherches considèrent cette problématique dans d'autres domaines, notamment dans les productions agroalimentaires au travers de la notion de 'terroir'. Les sciences du végétal et du sol s'impliquent dans le domaine de la viticulture pour produire des connaissances sur la vigne, sur son interaction avec le sol qui lui aussi est considéré comme une forme de vie participant pleinement à la construction du terroir viticole aux côtés des catégories sociales. Au même titre que l'effet d'*interaction génotype-milieu* sur la valeur génétique de l'animal, l'effet 'terroir' sur la valeur sensorielle du vin est étudié et mesuré notamment par les chercheurs de l'INRAE (Morlat, Barbeau, et Asselin 2001) dans la perspective d'« optimiser les pratiques agronomiques, viticoles, voire œnologiques » pour valoriser au mieux le terroir selon sa dimension identitaire. Dans le même état d'esprit que

pour la sélection bovine, cette construction se négocie entre l'objectivité scientifique de la connaissance produite et les exigences économiques du secteur. Souvent, sous la même appellation sont réunies les vins provenant des types de sol très différents.

Comme je l'ai avancé dans l'introduction en suivant Howard Becker (Howard Saul Becker 2016), les sciences biologiques et les sciences sociales ont les mêmes méthodes de travail sur le fond : chercher toujours plus de variables pour saisir la vie dans sa plus grande complétude. Il ne reste qu'à encourager des investigations futures dans cette direction, et dans la mesure du possible en approche interdisciplinaire qui ouvre un champ de vision plus large sur des problématiques sociétales remises à l'ordre du jour par des avancées technoscientifiques, notamment dans le domaine de la génétique. Je pense aux débats actuels bien animés concernant le retour de la notion de race biologique dans le domaine de l'humain prôné par certains généticiens (Reich 2018) et fortement critiqué par d'autres scientifiques de plusieurs disciplines (Kahn et al. 2018). Je pense aussi aux inquiétudes des citoyens et des scientifiques à propos du retour de l'eugénisme (Mallia et Ten Have 2003; Nelson 2016; Escudero 2014; Alessandrin 2019). Les méthodes de la génétique quantitative étant directement impliquées dans les champs de recherche sur la génétique humaine (explicitement dans ses applications médicales), des généticiens qui ont forgé leurs compétences sur des questions de recherche et sur les méthodes de calcul et de modélisation dans le domaine de la sélection animale se retrouvent facilement à offrir leur savoir-faire aux recherches biométriques dédiées à la santé humaine¹³⁸. Il est ainsi opportun et important que les sciences humaines et sociales puissent aussi faire circuler leurs savoirs et créer des ponts entre les avancées en génétique des animaux industrialisés et en génétique des humains et ce en lien avec les enjeux et les contextes sociaux dans lesquels des catégories complexes et controversées comme 'la race' ou 'l'amélioration génétique' se forment. Des collaborations interdisciplinaires engagées suffisamment tôt dans la construction de ces savoirs peuvent permettre d'éviter certaines dérives que l'histoire de l'humanité a déjà connues.

¹³⁸ Comme cela a été le cas de passages dans l'autre sens en Angleterre victorienne et aux Etats-Unis à la fin du XIXe – le début du XXe siècles (cf. l'introduction au chapitre 2).

Bibliographie

- Adler, Emanuel, et Peter M. Haas. 1992. « Conclusion: Epistemic Communities, World Order, and the Creation of a Reflective Research Program ». *International Organization* 46 (1,): 367-90.
- Aggeri, Franck. 2017. « Qu'est-ce que la performativité peut apporter aux recherches en management et sur les organisations: Mise en perspective théorique et cadre d'analyse ». *M@n@gement* 20 (1): 28. <https://doi.org/10.3917/mana.201.0028>.
- Akrich, Madeleine, Michel Callon, et Bruno Latour, éd. 2006. *Sociologie de la traduction: Textes fondateurs*. Presses des Mines. <https://doi.org/10.4000/books.pressesmines.1181>.
- Alessandrin, Agnès. 2019. « Du gène aux signes du gène : recherche croisée pour la définition et le cadrage du champ de l'agrosémiologie ». Paris: Université de Paris.
- Allaire, Gilles, Julie Labatut, et Germain Tesnière. 2018. « Complexité des communs et régimes de droits de propriété : le cas des ressources génétiques animales ». *Revue d'économie politique* 128 (1): 109. <https://doi.org/10.3917/redp.281.0109>.
- Animal Improvement Act*. 1998.
- Anseuw, Ward, Antoine Ducastel, et Mathieu Boche. 2012. « Nouveaux modèles de production et d'investissement en Afrique du Sud ». *Études rurales*, n° 190 (janvier): 147-60. <https://doi.org/10.4000/etudesrurales.9716>.
- Antal, Ariane Berthoin, Michael Hutter, et David Stark, éd. 2015. *Moments of valuation: exploring sites of dissonance*. First edition. Oxford: Oxford University Press.
- Barron, Colin. 2003. « A Strong Distinction between Humans and Non-Humans Is No Longer Required for Research Purposes: A Debate Between Bruno Latour and Steve Fuller ». *History of the Human Sciences* 16 (2): 77-99. <https://doi.org/10.1177/0952695103016002004>.
- Beaujean, Nathalie, Marion Boutinaud, Ève Devinoy, Hélène Jammes, Sandrine Le Guillou, Fabienne Le Provost, Chistine Leroux, et al. 2020. « L'épigénétique et la construction du phénotype chez le bovin ». *INRAE Productions Animales* 33 (2). <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2020.33.2.4477>.
- Becker, Howard S. 1967. « Whose Side Are We On? » *Social Problems* 14 (3): 239-47. <https://doi.org/10.2307/799147>.

- Becker, Howard Saul. 1991. *Outsiders: Studies in the Sociology of Deviance*. New York: Free Press.
- . 2016. *La bonne focale: de l'utilité des cas particuliers en sciences sociales*. Traduit par Christine Merllié-Young. Paris: La Découverte.
- Beckert, Jens, et Christine Musselin, éd. 2013. *Constructing quality: the classification of goods in markets*. Oxford: Oxford University Press.
- Benveniste, Émile. 1987. *Le vocabulaire des institutions indo-européennes. 1: Économie, parenté, société*. Repr. Collection Le sens commun. Paris: Éd. de Minuit.
- Bérard, Laurence, et Philippe Marchenay. 1995. « Lieux, temps et preuves: La construction sociale des produits de terroir ». *Terrain*, n° 24 (mars): 153-64. <https://doi.org/10.4000/terrain.3128>.
- . 2007. *Produits de terroir: comprendre et agir*. Bourg-en-Bresse: CNRS.
- Bonneuil, Christophe. 2016. « Pure Lines as Industrial Simulacra. A Cultural History of Genetics from Darwin to Johannsen ». In *Heredity Explored: Between Public Domain and Experimental Science, 1850-1930*, édité par Staffan Müller-Wille et Christina Brandt, 213-42. Transformations : Studies in the History of Science and Technology. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Bonneuil, Christophe, et Frédéric Thomas. 2009. *Gènes, pouvoirs et profits: recherche publique et régimes de production des savoirs de Mendel aux OGM*. Versailles : Lausanne: Quae ; Fondation pour le progrès de l'homme.
- Bourgain, Catherine, et Jean-Paul Gaudillière. 2018. « 5. Génomique à haut débit et innovation thérapeutique en cancérologie : regards croisés sur les enjeux épistémiques et sociaux ». In *Le cancer : un regard sociologique*, 61-86. Recherches. Paris: La Découverte. <https://www.cairn.info/le-cancer-un-regard-sociologique--9782707195784-p-61.htm>.
- Boutier, Jean, Jean Claude Passeron, Jacques Revel, et Ecole des hautes études en sciences sociales, éd. 2006. *Qu'est-ce qu'une discipline*. Enquête 5. Paris: Ecole des hautes études en sciences sociales.
- Bowker, Geoffrey C., et Susan Leigh Star. 2000. *Sorting Things out: Classification and Its Consequences*. First paperback edition. Inside Technology. Cambridge, Massachusetts London, England: The MIT Press.

- Brancourt-Hulmel, M., V. Biarnès-Dumoulin, et J. B. Denis. 1997. « Points de Repère Dans l'analyse de La Stabilité et de l'interaction Génotype-Milieu En Amélioration Des Plantes ». *Agronomie* 17 (4): 219-46. <https://doi.org/10.1051/agro:19970403>.
- Brassaï. 2004. *Conversations avec Picasso*. Paris: Gallimard.
- Brochard, M., D. Boichard, V. Ducrocq, et S. Fritz. 2013. « La sélection pour des vaches et une production laitière plus durables : acquis de la génétique et opportunités offertes par la sélection génomique ». *INRAE Productions Animales* 26 (2): 145-46. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2013.26.2.3144>.
- Brown, A., J. Ojango, J. Gibson, M. Coffey, M. Okeyo, et R. Mrode. 2016. « Short Communication: Genomic Selection in a Crossbred Cattle Population Using Data from the Dairy Genetics East Africa Project ». *Journal of Dairy Science* 99 (9): 7308-12. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11083>.
- Busch, Lawrence. 2013. *Standards. Recipes for Reality*. Cambridge, Mass.: MIT Press Ltd.
- Çalışkan, Koray. 2010. *Market Threads: How Cotton Farmers and Traders Create a Global Commodity*. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press.
- Çalışkan, Koray, et Michel Callon. 2010. « Economization, Part 2: A Research Programme for the Study of Markets ». *Economy and Society* 39 (1): 1-32. <https://doi.org/10.1080/03085140903424519>.
- Callon, Michel. 1986. « Éléments pour une sociologie de la traduction : La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc ». *L'Année sociologique* 36: 169-208.
- . 1994. « Is Science a Public Good? Fifth Mullins Lecture, Virginia Polytechnic Institute, 23 March 1993 ». Traduit par Geof Bowker. *Science, Technology, & Human Values* 19 (4): 395-424.
- . 2009. « Postface: La formulation marchande des biens ». In *Evaluer et valoriser: une sociologie économique de la mesure*, par François Vatin, 247-69. Presses Universitaires du Mirail.
- . 2013. « Qu'est-ce qu'un agencement marchand? » In *Sociologie des agencements marchands: Textes choisis*, par Michel Callon, Madeleine Akrich, Dubuisson-Quellier, Grandclément, Catherine, Hennion, Antoine, Bruno Latour, Alexandre Mallard, Cécile Méadel, Fabian Muniesa, et Vololona Rabearisoa. Presses des Mines. <https://doi.org/10.4000/books.pressesmines.2019>.

- Callon, Michel, et Bruno Latour. 2006. « Le grand Léviathan s'appriivoise-t-il? » In *Sociologie de la traduction*, édité par Madeleine Akrich, Michel Callon, et Bruno Latour, 11-32. Sciences sociales. Paris: Les Presses des Mines Paris.
- . 2013. « « Tu ne calculeras pas ! » - ou comment symétriser le don et le capital ». In *Sociologie des agencements marchands. Textes choisis.*, édité par Michel Callon, 9-41. Paris: Presses des Mines.
- Callon, Michel, Cécile Méadel, et Vololona Rabearisoa. 2000. « L'économie des qualités ». *Politix* 13 (52): 211-39. <https://doi.org/10.3406/polix.2000.1126>.
- Callon, Michel, et Fabian Muniesa. 2003. « Les marchés économiques comme dispositifs collectifs de calcul ». *Réseaux* 122 (6): 189. <https://doi.org/10.3917/res.122.0189>.
- Callon, Michel, Arie Rip, et Pierre-Benoît Joly. 2015. « Réinventer l'innovation? » *Innovatio* 1 (1). <http://innovacs-innovatio.upmf-grenoble.fr/index.php?id=252>.
- Canguilhem, Georges. 2015. *La connaissance de la vie*. Deuxième édition revue et Augmentée. Bibliothèque des textes philosophiques. Paris: Librairie philosophique J. Vrin.
- Caquet, T., C. Gascuel-Odoux, M. Tixier-Boichard, B. Dedieu, C. Detang-Dessendre, P. Dupraz, P. Faverdin, et al. 2019. « Réflexion prospective interdisciplinaire pour l'agroécologie. Rapport de synthèse. » INRAE.
- Cefai, Daniel. 1996. « La construction des problèmes publics. Définitions de situations dans des arènes publiques ». *Réseaux* 14 (75): 43-66. <https://doi.org/10.3406/reso.1996.3684>.
- Chavinskaia, Lidia. 2020. « La science fait de la résistance: Le rôle techno-politique d'une connaissance scientifique dans la globalisation de la sélection animale ». *Revue d'anthropologie des connaissances* 14 (1). <https://doi.org/10.4000/rac.4262>.
- Chavinskaia, Lidia, et Vincent Ducrocq. 2018. « On the international transferability of genomic breeding ». In *Book of Abstracts of the 69th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science*. Dubrovnik, Croatia.
- . 2019. « Making the global cow local: The case of South Africa ». In . Bloemfontein.
- Chavinskaia, Lidia, Vincent Ducrocq, et Pierre-Benoît Joly. 2017. « Constructing International Commensurability for Dairy Cattle Selection ». *Interbull Journal*, n° 51: 13-21.
- Chavinskaia, Lidia, et Allison Marie Loconto. 2020. « Keep Diversity—Make Standards! Spaces of Standardization for Diversity Analyzed through Cattle Breeding Industry ».

Engaging Science, Technology, and Society 6 (avril): 193.
<https://doi.org/10.17351/ests2020.287>.

- Cohen, Daniel. 2006. *Trois leçons sur la société post-industrielle*. République des idées. Paris: Seuil ; République des idées.
- Colleau, Jean-Jacques, Sébastien Fritz, François Guillaume, A. Baur, D. Dupassieux, Maris-Yvonne Boscher, Laurent Journeaux, André Eggen, et Didier Boichard. 2015. « Simulation des potentialités de la sélection génomique chez les bovins laitiers ». *Productions Animales* 28 (3): 251-58.
- Colleau, Jean-Jacques, Isabelle Palhière, Silvia T. Rodríguez-Ramilo, et Andres Legarra. 2017. « A Fast Indirect Method to Compute Functions of Genomic Relationships Concerning Genotyped and Ungenotyped Individuals, for Diversity Management ». *Genetics Selection Evolution* 49 (1): 87. <https://doi.org/10.1186/s12711-017-0363-9>.
- Cornilleau, Lise, et Pierre-Benoit Joly. 2014. « La révolution verte, un instrument de gouvernement de la «faim dans le monde». Une histoire de la recherche agricole internationale ». In *Le gouvernement des technosciences*, 171–201. La Découverte. http://www.cairn.info/article.php?ID_ARTICLE=DEC_PEST_2014_01_0171.
- Cornu, Pierre. 2019. « L’animal-machine au tribunal de l’histoire ». *Sésame*, n° 6 (novembre): 10-12.
- Cottle, D.J., M. Wallace, P. Lonergan, et A.G. Fahey. 2018. « Bioeconomics of Sexed Semen Utilization in a High-Producing Holstein-Friesian Dairy Herd ». *Journal of Dairy Science* 101 (5): 4498-4512. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13172>.
- Cox, David. 2018. « How profit-driven inbreeding could bring the world dairy herd to its knees », 14 octobre 2018, The Guardian édition. <https://www.theguardian.com/environment/2018/oct/14/how-profit-driven-inbreeding-could-bring-the-world-dairy-herd-to-its-knees>.
- Croué, Iola, Alexis Michenet, Hélène Leclerc, et Vincent Ducrocq. 2019. « Genomic Analysis of Claw Lesions in Holstein Cows: Opportunities for Genomic Selection, Quantitative Trait Locus Detection, and Gene Identification ». *Journal of Dairy Science* 102 (7): 6306-18. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15979>.
- Dantou, Jean-Robert, Florence Weber, Solène Billaud, et Christian Caujolle, éd. 2015. *The Walls Don't Speak: Three Photographic Set-Ups for a Fieldwork within Psychiatry, Twenty-Seven Documents, Ninety-Six Photographs = Les Murs Ne Parlent Pas: Trois*

- Dispositifs Photographiques Pour Une Enquête En Psychiatrie, Vingt-Sept Documents, Quatre-Vingt-Seize Photographies*. Heidelberg: Kehrer.
- Daston, Lorraine, et Peter Galison. 2007. *Objectivity*. New York : Cambridge, Mass: Zone Books ; Distributed by the MIT Press.
- David, Ingrid, et Anne Ricard. 2019. « A Unified Model for Inclusive Inheritance in Livestock Species ». *Genetics* 212 (4): 1075-99. <https://doi.org/10.1534/genetics.119.302375>.
- Delseny, Michel. 2009. « Le séquençage des génomes de plantes : vers une nouvelle révolution en biologie végétale ». *Cahiers Agricultures* 18 (6): 468-73. <https://doi.org/10.1684/agr.2009.0342>.
- Denis, Jean-Baptiste, et Patrick Vincourt. 1982. « Panorama des méthodes statistiques d'analyse des interactions génotype x milieu ». *Agronomie* 2 (3): 219-30. <https://doi.org/10.1051/agro:19820303>.
- Despret, Vinciane. 2016. *Que diraient les animaux, si... on leur posait les bonnes questions ?* Paris: La Découverte / Poche.
- Desrosières, Alain. 2010. *La politique des grand nombres: histoire de la raison statistique*. Paris: La Découverte.
- . 2014. *Prouver et gouverner: une analyse politique des statistiques publiques*. Paris: La Découverte.
- Dewey, John. 2011. *La formation des valeurs*. Paris: Les Empêcheurs de penser en rond-La Découverte.
- Doré, Antoine, Julie Labatut, Vincent Ducrocq, et Didier Boichard. 2018. « Les conséquences de la sélection génomique sur le fonctionnement des filières et des acteurs de l'élevage ». Présenté à Journée GIS AGENAE et Elevage de demain, Paris, janvier 23.
- Doré, Antoine, et Jérôme Michalon. 2017. « What Makes Human–Animal Relations ‘Organizational’? The de-Description of Anthrozootechnical Agencements ». *Organization* 24 (6): 761-80. <https://doi.org/10.1177/1350508416670249>.
- Dubois, Vincent. 2009. « L'action publique ». In *Nouveau manuel de science politique*, édité par A. Cohen, B. Lacroix, et Ph. Riutort, 311-25.
- Ducastel, Antoine, et Ward Anseeuw. 2017. « Chapitre 3. Les agriculteurs commerciaux sud-africains face à l'agriculture de firme. Assimilation, résistance ou réappropriation ». In *Le nouveau capitalisme agricole. De la ferme à la firme*, édité par François Purseigle,

- 97-124. Paris: Presses de Sciences Po. <https://www.cairn-int.info/le-nouveau-capitalisme-agricole--9782724621358-page-97.htm>.
- Ducrocq, Vincent. 2020. « Conception et réalisation des évaluations génétiques ou génomiques des reproducteurs ». In *Génétique des animaux d'élevage. Diversité et adaptation dans un monde changeant*, édité par Etienne Verrier, Denis Milan, et Claire Rogel-Gaillard. Editions Quae.
- Ducrocq, Vincent, Denis Laloe, Marimuthu Swaminathan, Xavier Rognon, Michèle Tixier-Boichard, et Tatiana Zerjal. 2018. « Genomics for Ruminants in Developing Countries: From Principles to Practice ». *Frontiers in Genetics* 9 (juillet): 251. <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00251>.
- Dumoulin Kervran, David, Mina Kleiche-Dray, et Mathieu Quet. 2017. « Les STS ont-elles un Sud?: Penser les sciences dans/avec les Suds ». *Revue d'anthropologie des connaissances* 11,3 (3): 423. <https://doi.org/10.3917/rac.036.0423>.
- Dürr, João. 2009. « REPORT ON INTERBULL TECHNICAL WORKSHOP ». *Interbull Bulletin* 39.
- Elsen, J.-M. 2018. « Genomic Selection-the Final Step or Another Step in an Endless Race? ». *Journal of Animal Breeding and Genetics* 135 (2): 95-96. <https://doi.org/10.1111/jbg.12316>.
- Elzen, Boelie, Anna Maria Augustyn, Marc Barbier, et Barbara van Mierlo. 2017. « AgroEcological Transitions: Changes and Breakthroughs in the Making ». Wageningen: Wageningen University & Research. <https://doi.org/10.18174/407609>.
- Escudero, Alexi. 2014. *La reproduction artificielle de l'humain*. Grenoble: Le monde à l'envers.
- Espeland, Wendy Nelson, et Mitchell L. Stevens. 1998a. « Commensuration as a social process ». *Annual review of sociology* 24 (1): 313-343.
- . 1998b. « Commensuration as a Social Process ». *Annual Review of Sociology* 2: 313-43.
- . 2008. « A Sociology of Quantification ». *European Journal of Sociology* 49 (3): 401-36. <https://doi.org/10.1017/S0003975609000150>.
- Falconer, D. S. 1952. « The Problem of Environment and Selection ». *The American Naturalist* 86 (830): 293-98.

- FAO. 2009. « La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2009 le point sur l'élevage. » Rome: L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. <http://www.fao.org/docrep/012/i0680f/i0680f00.htm>.
- . 2016. « AQUASTAT Country profile – South Africa ». Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- . 2018. *World Livestock: Transforming the Livestock Sector through the Sustainable Development Goals*.
- Flamant, Jean-Claude. 2005. « Retour de Suède, un pays... exotique ». *Mission Agrobiosciences*, 10.
- Foucault, Michel. 1966. *Les mots et les choses. une archéologie des sciences humaines*. Editions Gallimard. Bibliothèque des sciences humaines. Paris.
- . 2004. *Naissance de la biopolitique: cours au Collège de France, 1978-1979*. Hautes études. Paris: Gallimard : Seuil.
- Fourcade, Marion. 2006. « The Construction of a Global Profession: The Transnationalization of Economics ». *American Journal of Sociology* 112 (1): 145-94.
- Friedman, Thomas L. 2010. *La Terre est plate une brève histoire du XXIe siècle*. Traduit par Laurent Bury. Paris: Perrin.
- Gaillard, C, J Dommerholt, E Fimland, L Gjøøl-Christensen, J Lederer, A.E McClintock, J.C Mocquot, et J Philipsson. 1977. « AI Bull Evaluation Standards for Dairy and Dual Purpose Breeds ». *Livestock Production Science* 4 (2): 115-28. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(77\)90029-X](https://doi.org/10.1016/0301-6226(77)90029-X).
- Gaudillière, Jean-Paul, et Pierre-Benoît Joly. 2006. « Appropriation et régulation des innovations biotechnologiques : pour une comparaison transatlantique ». *Sociologie du travail* 48 (3): 330-49. <https://doi.org/10.4000/sdt.24540>.
- Geels, Frank W., Boelie Elzen, et Ken Green. 2004. « System Innovation and the Transition to Sustainability Theory, Evidence and Policy ».
- Ghemawat, Pankaj. 2009. « Why the World Isn't Flat ». *Foreign Policy*, octobre. <https://foreignpolicy.com/2009/10/14/why-the-world-isnt-flat/>.
- Gibbons, Michael, éd. 1994. *The new production of knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies*. London ; Thousand Oaks, Calif: SAGE Publications.

- Gilbert, Claude, et Emmanuel Henry. 2012. « La définition des problèmes publics : entre publicité et discrétion ». *Revue française de sociologie* 53 (1): 35. <https://doi.org/10.3917/rfs.531.0035>.
- Glover, Michael. 2018. « A Cattle-Centred History of Southern Africa? » In *Nature Conservation in Southern Africa*, édité par Jan-Bart Gewald, Marja Spierenburg, et Harry Wels. BRILL. https://doi.org/10.1163/9789004385115_003.
- Grasseni, Cristina. 2005. « Designer Cows: The Practice of Cattle Breeding Between Skill and Standardization ». *Society & Animals* 13 (1): 33-50. <https://doi.org/10.1163/1568530053966652>.
- Guérard, Stéphane, Ann Langley, et David Seidl. 2013. « **Rethinking the Concept of Performance in Strategy Research: Towards a Performativity Perspective** ». *M@n@gement* 16 (5): 566. <https://doi.org/10.3917/mana.165.0566>.
- Guillaume, Francois, Didier Boichard, Vincent Ducrocq, et Sébastien Fritz. 2011. « Utilisation de la sélection génomique chez les bovins laitiers. » *Productions Animales* 24 (4): 363.
- Gusfield, Joseph R. 2009. *La culture des problèmes publics: l'alcool au volant: la production d'un ordre symbolique*. Etudes sociologiques. Paris: Economica.
- Haas, Peter M. 1992. « Introduction: Epistemic Communities and International Policy Coordination ». *International Organization* 46 (1): 1-35. <https://doi.org/10.1017/S0020818300001442>.
- Haas, Y. de, J.J. Windig, M.P.L. Calus, J. Dijkstra, M. de Haan, A. Bannink, et R.F. Veerkamp. 2011. « Genetic Parameters for Predicted Methane Production and Potential for Reducing Enteric Emissions through Genomic Selection ». *Journal of Dairy Science* 94 (12): 6122-34. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4439>.
- Haraway, Donna. 1988. « Situated Knowledges: The Science Question in Feminism and the Privilege of Partial Perspective ». *Feminist Studies* 14 (3): 575. <https://doi.org/10.2307/3178066>.
- . 2007. *Manifeste cyborg et autres essais: sciences - fictions - féminismes*. Paris: Exils éditeurs.
- . 2019. *Manifeste des espèces compagnes: chiens, humains et autres partenaires*. Paris: Climats, Flammarion.
- Haraway, Donna Jeanne. 2008. *When species meet*. Posthumanities 3. Minneapolis: University of Minnesota Press.

- Hayes, B. J., A. J. Chamberlain, et Michael E. Goddard. 2006. « Use of markers in linkage disequilibrium with QTL in breeding programs. » *Proceedings of the 8th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, 13-18 August, 2006*, 30.06.
- Hayes, Ben J., Phillip J. Bowman, Amanda C Chamberlain, Klara Verbyla, et Mike E Goddard. 2009. « Accuracy of Genomic Breeding Values in Multi-Breed Dairy Cattle Populations ». *Genetics Selection Evolution* 41 (1): 51. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-41-51>.
- Heams, Thomas. 2019. *Infravies: le vivant sans frontières*. Science ouverte. Le Seuil.
- Hervieu, Bertrand. 2017. « Préface ». In *Le nouveau capitalisme agricole. De la ferme à la firme*, édité par François Purseigle, Geneviève Nguyen, et Pierre Blanc. Paris: Presses de Sciences Po.
- Hess, Andi. 2018. « Building interdisciplinary capacity for responsible research and innovation: the Interdisciplinary Translation initiative ». In , 196. Lancaster University.
- Hickey, John. 2019. « Integration of Plant and Animal Breeding Strategies ». In . San Diego, USA.
- Higgins, Vaughan, et Wendy Larner. 2010. « From Standardization to Standardizing Work ». In *Calculating the Social*, édité par Vaughan Higgins et Wendy Larner, 205-18. London: Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1057/9780230289673_12.
- Higgins, Winton, et Kristina Tamm Hallström. 2007. « Standardization, Globalization and Rationalities of Government ». *Organization* 14 (5): 685-704. <https://doi.org/10.1177/1350508407080309>.
- Hocking, Brian, Jan Melissen, Shaun Riordan, et Paul Sharp. 2012. « Futures for Diplomacy. Integrative Diplomacy in the 21st Century ». 1. Netherland Institute of International Relations « Clingendael ».
- Hozé, C., S. Fritz, F. Phocas, D. Boichard, V. Ducrocq, et P. Croiseau. 2014. « Efficiency of Multi-Breed Genomic Selection for Dairy Cattle Breeds with Different Sizes of Reference Population ». *Journal of Dairy Science* 97 (6): 3918-29. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7761>.
- Huquet, Bérénice. 2012. « Utilisation des données de contrôles élémentaires pour la modélisation et l'estimation des interactions génotype x milieu : Etude en bovins laitiers ». Doctorat en Génétique Animale, Paris: AgroParisTech.

- INRA. 2014. « Les Métaprogrammes INRA ».
- Interbull. 1994. « Code of Practices ».
- . 2004. « Terms of Reference ».
- James, J W. 1961. « Selection in Two Environments ». *Heredity* 16 (2): 145-52.
<https://doi.org/10.1038/hdy.1961.17>.
- Jasanoff, Sheila. 2004. « Ordering knowledge, ordering society ». *States of Knowledge: The Co-Production of Science and the Social Order*, 13.
- . 2007. *Designs on Nature: Science and Democracy in Europe and the United States*. 5. print., 1. pbk. print. Princeton, NJ: Princeton Univ. Press.
- Jasanoff, Sheila, et Sang-Hyun Kim, éd. 2015. *Dreamscapes of Modernity: Sociotechnical Imaginaries and the Fabrication of Power*. Chicago ; London: The University of Chicago Press.
- Jasiorowski, H. A., M. Stolzman, et Z. Reklewski. 1987. « International FAO Black and White Cattle Comparison (1974-1984) », n° 62: 2-15.
- Joly, Pierre-Benoît. 2015. « Le régime des promesses technoscientifiques. » In *Sciences et technologies émergentes: Pourquoi tant de promesses ?*, édité par Marc Audétat, 31-47. Paris: Hermann.
- . 2016. « Science réglementaire : une internationalisation divergente ? : L'évaluation des biotechnologies aux États-Unis et en Europe ». *Revue française de sociologie* 57 (3): 443. <https://doi.org/10.3917/rfs.573.0443>.
- Joly, Pierre-Benoît, et Claire Marris. 2003. « La trajectoire d'un problème public : une approche comparée du cas des OGM en France et aux Etats-Unis ». In *Risques collectifs et situations de crise. Apports de la recherche en sciences humaines et sociales*, édité par Claude Gilbert, 41-63. Paris: L'Harmattan.
- Journal officiel de l'Union européenne. 2016. *Règlement (UE) 2016/1012 du Parlement européen et du Conseil du 8 juin 2016 relatif aux conditions zootechniques et généalogiques applicables à l'élevage, aux échanges et à l'entrée dans l'Union de reproducteurs de race pure, de reproducteurs porcins hybrides et de leurs produits germinaux*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/fr/TXT/?uri=CELEX:32016R1012>.
- Kahn, Jonathan, Alondra Nelson, Joseph L. Graves, Sarah Abel, Ruha Benjamin, Sarah Blacker, et et al. 2018. « How Not To Talk About Race And Genetics ». Web Platform. *BuzzFeed News* (blog). 17 juillet 2018.
<https://www.buzzfeednews.com/article/bfopinion/race-genetics-david-reich>.

- Kalof, Linda, éd. 2017. *The Oxford Handbook of Animal Studies*. New York, NY: Oxford University Press.
- Karpik, Lucien. 1989. « L'économie de la qualité ». *Revue Française de Sociologie* 30 (2): 187. <https://doi.org/10.2307/3321761>.
- Keller, Evelyn Fox. 2003. *Le siècle du gène*. Paris: Gallimard.
- Kim, W. Chan, et Renée Mauborgne. 2010. *Stratégie océan bleu comment créer de nouveaux espaces stratégiques*. Paris: Pearson.
- Kingdon, John W. 2014. *Agendas, Alternatives, and Public Policies*. Second edition, Pearson new international edition. Always Learning. Harlow: Pearson.
- Kleiche Dray, Mina, éd. 2018. *Les ancrages nationaux de la science mondiale: XVIIIe-XXIe siècles*. Marseille, Paris (France): IRD éditions ; Éditions des Archives contemporaines.
- Kleinman, Daniel Lee. 2010. « The commercialization of academic culture and the future of the university ». In *The commodification of academic research: Science and the modern university*, édité par H. Radder, 24-43. University of Pittsburgh Press.
- Kleinman, Daniel Lee, et Steven P. Vallas. 2001. « Science, capitalism, and the rise of the “knowledge worker”: The changing structure of knowledge production in the United States ». *Theory and Society* 30 (4): 451-92. <https://doi.org/10.1023/A:1011815518959>.
- Kupiec, Jean-Jacques. 2019. *Et si le vivant était anarchique: la génétique est-elle une gigantesque arnaque?* Paris: Liens qui libèrent.
- Kupiec, Jean-Jacques, et Pierre Sonigo. 2003. *Ni Dieu ni gène: pour une autre théorie de l'hérédité*. Paris: Éditions du Seuil.
- Labatut, Julie. 2009. « Gérer des biens communs: processus de conception et régimes de coopération dans la gestion des ressources génétiques animales », 383.
- Labatut, Julie, Franck Aggeri, et Gilles Allaire. 2013a. « Étudier les biens communs par les changements institutionnels: régimes de propriété autour des races animales face à l'innovation génomique ». *Revue de la régulation. Capitalisme, institutions, pouvoirs*, n° 14. <https://regulation.revues.org/10529?lang=fr>.
- . 2013b. « Étudier les biens communs par les changements institutionnels : régimes de propriété autour des races animales face à l'innovation génomique ». *Revue de la régulation*, n° 14 (décembre). <https://doi.org/10.4000/regulation.10529>.

- Labatut, Julie, Franck Aggeri, Bernard Bibe, et Nathalie Girard. 2011. « Construire l'animal sélectionnable: Des régimes de sélection et de leurs transformations ». *Revue d'anthropologie des connaissances* 5, 2 (2): 302. <https://doi.org/10.3917/rac.013.0302>.
- Labatut, Julie, Jean-Michel Astruc, F. Barillet, Didier Boichard, Vincent Ducrocq, L. Griffon, et G. Lagriffoul. 2014. « Implications organisationnelles de la sélection génomique chez les bovins et ovins laitiers en France : analyses et accompagnement » 24 (4): 303-16.
- Labatut, Julie, et Germain Tesnière. 2018. « The Holstein Cattle Breed in the Modernisation of Agriculture: Between Common-Pool Resources and Tradeable Goods », 15.
- Lahire, Bernard. 2014. *L'homme pluriel: les ressorts de l'action*.
- Lascombes, Pierre, et Patrick Le Galès. 2012. *Sociologie de l'action publique*. 2e édition. Paris: Colin.
- Lassale, Cécile, et Clotilde Patry. 2007. « Management Practices ans Socio-economic Study of Gir ans Jaffarabadi breeds in Their Native Tract (Saurashtra, Gujarat, India ». Mémoire de Master, AgroParisTech.
- Latour, Bruno. 1993. *We Have Never Been Modern*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- . 2000. « When Things Strike Back: A Possible Contribution of “science Studies” to the Social Sciences ». *The British Journal of Sociology* 51 (1): 107-23.
- . 2006. « Les “Vues” de l'esprit. Une introduction à l'anthropologie des sciences et des techniques ». In *Sociologie de la traduction. Textes fondateurs.*, édité par Madeleine Akrich, Michel Callon, et Bruno Latour, Les Presses de Mines, 33-69. Sciences sociales. Paris.
- . 2011. *Pasteur: guerre et paix des microbes ; suivi de Irréductions*. Paris: La Découverte.
- . 2012. *Enquête sur les modes d'existence: une anthropologie des modernes*. Paris: La Découverte.
- . 2017. *Où atterrir? comment s'orienter en politique*. Paris: La Découverte.
- . 2020. « Bruno Latour : «La crise sanitaire incite à se préparer à la mutation climatique » ». *Le Monde*, 25 mars 2020. https://www.lemonde.fr/idees/article/2020/03/25/la-crise-sanitaire-incite-a-se-preparer-a-la-mutation-climatique_6034312_3232.html.

- Leon Quijano, Camilo. 2018. « Photographier, ethnographier et exposer dans la cité. Jeunes rugbywomen à Sarcelles ». *Métropolitiques*, 28 mai 2018.
- . 2019. « Gender, Photography and Visual Participatory Methods: An Ethnographic Research Project between Colombia and France ». *Visual Anthropology* 32 (1): 1-32.
- Léon Quijano, Camilo. 2019. « L'engagement photographique : l'expérience dans la création d'un récit urbain ». In *Terrains, engagements citoyens et co-créations artistiques*, édité par Véronique Beneï. Paris: L'Harmattan.
- Loconto, Allison, et Eve Fouilleux. 2014. « Politics of Private Regulation: ISEAL and the Shaping of Transnational Sustainability Governance: Politics of Private Regulation ». *Regulation & Governance* 8 (2): 166-85. <https://doi.org/10.1111/rego.12028>.
- Loconto, Allison Marie. 2017. « Models of Assurance: Diversity and Standardization of Modes of Intermediation ». *The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science* 670 (1): 112-32. <https://doi.org/10.1177/0002716217692517>.
- Loconto, Allison Marie, et David Demortain. 2017. « Standardization as Spaces of Diversity ». *Engaging Science, Technology, and Society* 3 (août): 382. <https://doi.org/10.17351/ests2017.155>.
- Lohuis, M. M., et J. C. M. Dekkers. 1998. « Merits of Borderless Evaluations ». In *Proceedings of the 6th World Congress of Genetics and Applied Livestock Production*, 26:169-172.
- Losego, Philippe. 2008. « Quelle politique de la science pour un pays intermédiaire ? : Le cas des sciences de la nature en Afrique du Sud (1945-2006) ». *Revue d'anthropologie des connaissances* 2, 3 (3): 361. <https://doi.org/10.3917/rac.005.0361>.
- Losego, Philippe, et Rigas Arvanitis. 2008. « La science dans les pays non hégémoniques ». *Revue d'anthropologie des connaissances* 2, 3 (3): 334. <https://doi.org/10.3917/rac.005.0334>.
- Mallard, Gregoire, Catherine Paradeise, et Ashveen Peerbaye, éd. 2008. *Global science and national sovereignty: studies in historical sociology of science*. Routledge studies in the history of science, technology and medicine 27. New York: Routledge.
- Mallia, Pierre, et Henk Ten Have. 2003. « Chapitre 1. Eugenics and the new genetics ». *Journal International de Bioéthique* 14 (3): 15. <https://doi.org/10.3917/jib.143.0015>.
- Mattalia, S., A. Barbat, C. Danchin-Burge, M. Brochard, P Le Mezec, S. Minery, G. Jansen, B. Van Doormaal, et E. Verrier. 2006. « La variabilité génétique des huit principales

- rares bovines laitières françaises : quelles évolutions, quelles comparaisons internationales ? » In , 239-46.
- Mattalia, Sophie, et Valérie Brocard. 2007. « La Prim'Holstein : Une grande race mais un petit patrimoine génétique ». *Cap Elevage*, n° 15 (juin): 10-13.
- McKay, George, éd. 1998. *DiY culture: party & protest in Nineties Britain*. London ; New York: Verso.
- Merton, Robert K. 1974. *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations*. 4. Dr. Chicago: Univ. of Chicago Pr.
- Meuwissen, T H E, B J Hayes, et M E Goddard. 2001. « Prediction of Total Genetic Value Using Genome-Wide Dense Marker Maps ». *Genetics*, n° 157: 1819-1829.
- Meyer, Jean-Baptiste, Mercy Brown, et David Kaplan. 2000. « Assessing the South African Brain Drain A Statistical Comparison ». *Working Papers, University of Cape Town, Development Policy Research Unit* 00040: 31.
- Meyer, Morgan. 2012. « Bricoler, domestiquer et contourner la science : l'essor de la biologie de garage ». *Réseaux* n° 173-174 (3): 303. <https://doi.org/10.3917/res.173.0303>.
- . 2015. « Amateurization and re-materialization in biology: opening up scientific equipment ». In *Knowing New Biotechnologies. Social Aspects of Technological Convergence*, édité par Matthias Wienroth et Eugenia Rodrigues, 142-57. Routledge.
- Micoud, André. 2003. « Ces bonnes vaches aux yeux si doux ». *Communications* 74 (1): 217-37. <https://doi.org/10.3406/comm.2003.2137>.
- Milk SA. 2017. « Lacto Data 2017 ». Milc Producers' Organisation.
- Minery, Stéphanie. 2016. « Adaptation des animaux en fonction des systèmes d'élevage ». Résultats d'étude. Institut de l'Elevage.
- Moore, Kelly, Daniel Lee Kleinman, David Hess, et Scott Frickel. 2011. « Science and Neoliberal Globalization: A Political Sociological Approach ». *Theory and Society* 40 (5): 505-32. <https://doi.org/10.1007/s11186-011-9147-3>.
- Morlat, René, Gérard Barbeau, et Christian Asselin. 2001. « Facteurs naturels et humains des terroirs viticoles français: méthode d'étude et valorisation ». *Etudes et Recherches sur les Systèmes Agraires et le Développement* 32: 111-27.
- Mouffe, Chantal. 2010. « Politique et agonisme ». *Rue Descartes* 67 (1): 18. <https://doi.org/10.3917/rdes.067.0018>.
- Moulin, Anne-Marie. 2018. « À la recherche de la science arabe En partant d'un observatoire égyptien des sciences biomédicales ». In *Les ancrages nationaux de la science*

- mondiale: XVIIIe-XXIe siècles*, édité par Mina Kleiche-Dray, Marseille, Paris, 483-526. IRD éditions ; Éditions des Archives contemporaines.
- Mourlot, Fernand. 1979. *Gravé dans ma mémoire*. FeliXX.
- Mouton, Johann, Isabel Basson, Jaco Blanckenberg, Nelius Boshoff, Heidi Prozesky, Herman Redelinghuys, Rein Treptow, Milandré van Lill, et Marthie van Niekerk. 2019. *The state of the South African research enterprise*. Stellenbosch University: DST-NRF Centre of Excellence in Scientometrics in Science, Technology and Innovation Policy.
- Mukherjee, Siddhartha. 2017. *Il était une fois le gène: [percer le secret de la vie]*. Traduit par Pierre Kaldy. Paris: Flammarion.
- Mulder, Han A. 2016. « Genomic Selection Improves Response to Selection in Resilience by Exploiting Genotype by Environment Interactions ». *Frontiers in Genetics* 7 (octobre). <https://doi.org/10.3389/fgene.2016.00178>.
- Murphy, Michelle. 2017. *The economization of life*. Durham ; London: Duke University Press.
- Musselin, Christine, et Catherine Paradeise. 2005. « Quality: A Debate ». *Sociologie Du Travail* 47 (décembre): e89-123. <https://doi.org/10.1016/j.soctra.2005.09.002>.
- Napoleone, Martine, Christian Corniaux, et Bernadette Leclerc. 2015. *Voies lactées: dynamique des bassins laitiers entre globalisation et territorialisation*. Avignon: Cardère.
- N'Dri, Aya Lydie. 2006. « Genotype by Environment Interactions in Meat-Type Chickens and Laying Hens ». Doctorat en Génétique Animale, Paris: AgroParisTech.
- Nelson, Fraser. 2016. « The return of eugenics ». *The Spectator*, 2 avril 2016. <https://www.spectator.co.uk/article/the-return-of-eugenics>.
- Novek, Joel. 2005. « Pigs and People: Sociological Perspectives on the Discipline of Nonhuman Animals in Intensive Confinement ». *Society & Animals* 13 (3): 221-44. <https://doi.org/10.1163/1568530054927771>.
- Nye, Joseph S. 2004. *Soft power: the means to success in world politics*. 1st ed. New York: Public Affairs.
- O'Hagan, Maureen. 2019a. « From Two Bulls, 9 Million Dairy Cows ». *Undark*, juin. <https://undark.org/2019/06/19/cows-holstein-diversity/>.
- . 2019b. « Élevage. Les neuf millions de vaches laitières américaines sont toutes cousines ». *Courrier international*, août.

- <https://www.courrierinternational.com/article/elevage-les-neuf-millions-de-vaches-laitieres-americaines-sont-toutes-cousines>.
- Ombelet, W, et J Van Robays. s. d. « Artificial Insemination History: Hurdles and Milestones », 7.
- Ong, Aihwa. 2006. *Neoliberalism as exception: mutations in citizenship and sovereignty*. Durham [N.C.]: Duke University Press.
- . 2016. *Fungible life: experiment in the Asian city of life*. Durham: Duke University Press.
- Ong, Aihwa, et Stephen J Collier. 2008. *Global Assemblages Technology, Politics, and Ethics as Anthropological Problems*. New York, NY: John Wiley & Sons. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:101:1-201503049245>.
- Orland, Barbara. 2003. « Producing a Competitive Animal in the Nineteenth and Early Twentieth Centuries ». In *Industrializing Organisms. Introducing Evolutionary History*, édité par Susan R Schrepfer et Philip Scranton, 167-89. New York/London: Routledge.
- Ostrom, Elinor. 1990. *Governing the commons: the evolution of institutions for collective action*. The Political economy of institutions and decisions. Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- Padioleau, Jean-G. 1986. *L'ordre social: principes d'analyse sociologique*. Paris: L'Harmattan.
- Patry, Clotilde. 2011. « Les impacts de la sélection génomique sur les évaluations génétiques classiques ». *Génétique Animale*, Paris: AgroParisTech.
- Pawley, Emily. 2016. « The Point of Perfection: Cattle Portraiture, Bloodlines, and the Meaning of Breeding, 1760-1860 ». *Journal of the Early Republic* 36 (1): 37-72. <https://doi.org/10.1353/jer.2016.0014>.
- Pearson, Chris. 2017. « History and Animal Agencies ». In *The Oxford Handbook of Animal Studies*, édité par Linda Kalof, 239-57. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199927142.013.35>.
- Peerbaye, Ashveen. 2004. « La Construction de l'espace génomique en France : la place des dispositifs instrumentaux ». *Sociologie*, Ecole Normale Supérieure de Cachan.
- Philipsson, Jan. 2005. « INTERBULL – How It Began and Some Achievements ». *Interbull Bulletin* 33: 131-35.

- . 2011. « Interbull Developments, Global Genetic Trends and Role in the Era of Genomics », n° 44: 13.
- Pinaud, Samuel. 2016. « L'émergence d'un gouvernement humanitaire de la pauvreté nutritionnelle en Afrique de l'Ouest: Le cas de l'administration des produits laitiers (1930-1980) ». *Revue d'anthropologie des connaissances* 10,2 (2): 147. <https://doi.org/10.3917/rac.031.0147>.
- Pluvinage, Jean. 1991. « Une loi d'exception: la loi sur l'élevage et son application ». *Économie rurale* 204 (1): 35-40. <https://doi.org/10.3406/ecoru.1991.4215>.
- Pogue, James. 2019. « The Myth of White Genocide. An unfinished civil war inspires a global delusion ». *Harper's Magazine*, 2019.
- Polanyi, Karl. 2007. *La grande transformation: aux origines politiques et économiques de notre temps*. Paris: Gallimard.
- Pollock, Neil, et Robin Williams. 2007. « Technology choice and its performance: Towards a sociology of software package procurement ». *Information and Organization* 17 (3): 131-161.
- Porcher, Jocelyne. 2004. « L'animal d'élevage n'est pas si bête », 13.
- . 2007. « Ne libérez pas les animaux!: Plaidoyer contre un conformisme « analphabète » ». *Revue du MAUSS* 29 (1): 575. <https://doi.org/10.3917/rdm.029.0575>.
- Porcher, Jocelyne, et Tiphaine Schmitt. 2010. « Les vaches collaborent-elles au travail?: Une question de sociologie ». *Revue du MAUSS* 35 (1): 235. <https://doi.org/10.3917/rdm.035.0235>.
- Porter, Theodore M. 1994. « Making Things Quantitative ». *Science in Context* 7 (3): 389-407. <https://doi.org/10.1017/S0269889700001757>.
- . 1995a. *Trust in Numbers: The Pursuit of Objectivity in Science and Public Life*. Princeton, N.J: Princeton University Press.
- . 1995b. *Trust in Numbers: The Pursuit of Objectivity in Science and Public Life*. Princeton, N.J: Princeton University Press.
- Purseigle, François, Geneviève Nguyen, et Pierre Blanc. 2017. *Le nouveau capitalisme agricole. De la ferme à la firme*. Académique. Paris: Presses de Sciences Po. <https://www.cairn.info/le-nouveau-capitalisme-agricole--9782724621358.htm>.
- Quinn, Michael. 1993. « Corpulent Cattle and Milk Machines: Nature, Art and the Ideal Type » 1 (2): 145-57.

- Raimbault, Benjamin. 2018. « A l'ombre de biotechnologies. Reformuler la production de savoirs par la bio-ingénierie en France et aux Etats-Unis. » Université Paris-Est.
- Rayner, Steve. 2012. « Uncomfortable Knowledge: The Social Construction of Ignorance in Science and Environmental Policy Discourses ». *Economy and Society* 41 (1): 107-25. <https://doi.org/10.1080/03085147.2011.637335>.
- Reich, David. 2018. « How Genetics Is Changing Our Understanding of 'Race' ». *New-York Times*, 23 mars 2018. <https://www.nytimes.com/2018/03/23/opinion/sunday/genetics-race.html>.
- Rischkowsky, Barbara, et Dafydd Pilling. 2007. *The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture*. Rome: Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Rist, Gilbert. 1996. *Le développement: histoire d'une croyance occidentale*. Références inédites. Paris: Presses de la Fondation nationale des sciences politiques.
- Robertson, Roland. 1995. « Glocalization: Time-space and Homogeneity-heterogeneity ». In *Global Modernities*, édité par Mike Featherstone, Scott Lash, et Roland Robertson, 25-44.
- Rogers, Everett M. 2003. *Diffusion of innovations*. 5th ed. New York: Free Press.
- Rosnay, Joël de. 2018. *La symphonie du vivant: comment l'épigénétique va changer votre vie*.
- Ruffini, Pierre-Bruno. 2019. « Diplomatie scientifique. De quelques notions de base et questions-clés ». *Philosophia Scientiae*, n° 23-3 (octobre): 67-80. <https://doi.org/10.4000/philosophiascientiae.2064>.
- Russel, Nicolas. 1986. *Like engend'ring like: heredity and animal breeding in early modern England*. Cambridge University Press.
- Sayes, Edwin. 2014. « Actor–Network Theory and Methodology: Just What Does It Mean to Say That Nonhumans Have Agency? » *Social Studies of Science* 44 (1): 134-49. <https://doi.org/10.1177/0306312713511867>.
- Schaeffer, L.R. 2006. « Strategy for Applying Genome-Wide Selection in Dairy Cattle ». *Journal of Animal Breeding and Genetics* 123 (4): 218-23. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0388.2006.00595.x>.
- Schaffer, Simon. 2015. « Les cérémonies de la mesure ». *Annales. Histoire, Sciences Sociales* 70 (02): 409-35. <https://doi.org/10.1353/ahs.2015.0051>.

- Scherf, B. D, Dafydd Pilling, et Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. 2015. *The Second Report on the State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture*. <http://www.fao.org/3/a-i4787e.pdf>.
- Sellier, Pierre, Didier Boichard, et Etienne Verrier. 2019. « La génétique animale à l'INRA: soixante ans d'une histoire scientifique en prise avec le monde de la sélection et riche en rebondissements technologiques. » *Histoire de la recherche contemporaine*, n° Tome VIII-n°1 (juin): 86-97. <https://doi.org/10.4000/hrc.3222>.
- Selmi, Adel, et Pierre-Benoit Joly. 2014. « Les régimes de production des connaissances de la sélection animale. Ontologies, mesures, formes de régulation ». *Sociologie du Travail* 56 (2): 225-44. <https://doi.org/10.1016/j.sotra.2014.03.020>.
- Shapin, Steven, et Simon Schaffer. 1993. *Leviathan et la pompe à air: Hobbes et Boyle entre science et politique*. Paris: Ed. La Découverte.
- Star, Susan Leigh, et Karen Ruhleder. 1996. « Steps Toward an Ecology of Infrastructure: Design and Access for Large Information Spaces ». *Information Systems Research* 7 (1): 111-34. <https://doi.org/10.1287/isre.7.1.111>.
- Statistics South Africa. 2016. « Community Survey 2016: agricultural households ». Pretoria: Statistics South Africa.
- Stirling, Andy. 2011. « Pluralising Progress: From Integrative Transitions to Transformative Diversity ». *Environmental Innovation and Societal Transitions* 1 (1): 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2011.03.005>.
- Stolz, Joëlle. 2009. « Au Mexique, des génomes métissés. L'étude du patrimoine génétique des Indiens et des métis mexicains vise la prévention du diabète et de l'obésité. Ces données sont aussi un enjeu de "souveraineté génomique" face aux pays du Nord. », 12 juin 2009, Le Monde édition. https://www.lemonde.fr/planete/article/2009/06/12/au-mexique-des-genomes-metisses_1206188_3244.html.
- Stuart, Diana, et Ryan Gunderson. 2018. « Nonhuman Animals as Fictitious Commodities: Exploitation and Consequences in Industrial Agriculture ». *Society & Animals* 28 (3): 291-310. <https://doi.org/10.1163/15685306-12341507>.
- Suchman, Lucille Alice. 1987. *Plans and situated actions: the problem of human-machine communication*. Cambridge [Cambridgeshire]; New York: Cambridge University Press.

- Talokar, Amol, Behera Rajalaxmi, Arjun Singh Laishram, et Mandal Ajoy. 2017. « Sexed Semen: A Boon for Indian Dairy Farming » 6 (1): 1-7.
- Tamminen, Sakari. 2012. « Still Life? Frozen Gametes, National Gene Banks and Re-configuration of Animality ». In *Bio-Objects. Life in the 21st Century*, édité par Niki Vermeulen, Sakari Tamminen, et Andrew Webster, 203-18. Ashgate.
- Tesnière, Germain. 2017. « Arrangements institutionnels à l'ère de la génomique: une approche comparativ des régimes et des instruments de sélection animale dans trois pays européens ». Paris: Université de recherche Paris Sciences et Lettre.
- Tesnière, Germain, Vincent Ducrocq, Eva Boxenbaum, et Julie Labatut. 2019. « Organisations nationales et instruments de gestion de l'amélioration génétique des bovins laitiers: une comparaison entre la France, l'Irlande et les Pays-Bas ». *INRA Productions Animales* 32 (1): 37-50. <https://doi.org/10.20870/productions-animales.2019.32.1.2430>.
- Thibier, M., et H.-G. Wagner. 2002. « World statistics for artificial insemination in cattle ». *Livestock Production Science* 74 (2): 203-12.
- Tiezzi, F., G. de los Campos, K.L. Parker Gaddis, et C. Maltecca. 2017. « Genotype by Environment (Climate) Interaction Improves Genomic Prediction for Production Traits in US Holstein Cattle ». *Journal of Dairy Science* 100 (3): 2042-56. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11543>.
- Tsing, Anna Lowenhaupt. 2011. *Friction: An ethnography of global connection*. Princeton University Press. http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=pCwEA1A_XPcC&oi=fnd&pg=PR2&dq=%22ful%EF%AC%81ll+universal+dreams+and+schemes.+Yet+this+is+a+particular+kind+of%22+%22discourse,+social+scientists+and+historians+have+limited+themselves+to%22+%22and+claims.+Whether+we+place+ourselves+inside+or+outside%22+&ots=c0gtTg0xYk&sig=eD7xMMRHd2GqXHEEaq9cgbIE-og.
- . 2017. *Le champignon de la fin du monde: sur la possibilité de vivre dans les ruines du capitalisme*.
- Uexküll, Jakob von. 2010. *Milieu animal et milieu humain*. Traduit par Charles Martin-Fréville et Dominique Lestel. Paris: Éd. Payot et Rivages.
- Van Der Beek, Sijne, et Henk Geertsema. 2017. « Using genomics to manage progress and diversity: an industry perspective ». In *Book of Abstracts of the 68th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science*, 82. Tallinn.

- Van Doormaal, B., F. Miglior, G. Kistemaker, et P. Brand. 2005. « Genetic Diversification of the Holstein Breed in Canada and Internationally » 33: 93-97.
- VanRaden, Paul M. 2017. « Genomic tools to improve progress and preserve variation for future generations ». In *Book of Abstracts of the 68th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science*, 79. Tallinn.
- VanRaden, P.M., C.P. Van Tassell, G.R. Wiggans, T.S. Sonstegard, R.D. Schnabel, J.F. Taylor, et F.S. Schenkel. 2009. « Invited Review: Reliability of Genomic Predictions for North American Holstein Bulls ». *Journal of Dairy Science* 92 (1): 16-24. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1514>.
- Vatin, François. 1996. *Le lait et la raison marchande: essais de sociologie économique*. Rennes: Presses universitaires de Rennes.
- Vermeulen, Niki, Sakari Tamminen, et Andrew Webster. 2012. *Bio-objects: life in the 21st century*. Theory, technology, and society. Burlington, VT: Ashgate.
- Verrier, Etienne, Philippe Brabant, et Andre Gallais. 2001. « Faits et concepts de base en génétique quantitative ». AgroParisTech.
- Verrier, Etienne, Lucie Markey, et Anne Lauvie. 2018. « Specific products with added value for local breeds: lessons from success and non-success stories ». In *Book of Abstracts of the 69th Annual Meeting of the European Federation of Animal Science*.
- Vissac, Bertrand. 1993. « Société, race animale et territoire entre les théories et l'histoire : réflexion sur une crise ». *Natures Sciences Sociétés* 1 (4): 282-97. <https://doi.org/10.1051/nss/19930104282>.
- . 2002. *Les Vaches de la République: Saisons et raisons d'un chercheur citoyen*. Paris: Institut National de la Recherche Agronomique. <http://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=3399395>.
- Weitzman, Martin L. 1992. « On Diversity ». *The Quarterly Journal of Economics*, 363-405.
- Wesseldijk, Bert. 2019. « Intriguing Sires - Balic & Bandicoot & Duke ». *Holstein International*, 1 juillet 2019. <https://www.holsteininternational.com/clients/articles/2995>.
- WHFF. 2011. « A WHFF View on Inbreeding in Holstein Cattle ».
- Wolkowitsch, Maurice. 1964. « Le cheptel bovin et l'insémination artificielle en France ». *Annales de Géographie* 73 (399): 585-89. <https://doi.org/10.3406/geo.1964.16705>.
- World Economic Forum. 2012. « Global Risks 2012. » Cologny/Geneva, Switzerland: World Economic Forum.

- . 2018. « The Global Competitiveness Report 2018 ». Cologny/Geneva, Switzerland: World Economic Forum.
- Wroughton, Lew, et Susan Van Niekerk. 2012. *SA Holstein. A Century of Excellence. 1912-2012*. Bloemfontein.
- Министерство Сельского Хозяйства РК. 2011. « Развитие экспортного потенциала мяса крупного рогатого скота Республики Казахстан 2011-2016 ».

Annexe 1

Liste des entretiens

Code	Prénom/Nom	Fonction(s) et lieu(x) de travail	Pays	Date de l'entretien
AE	André Eggen	Responsable secteur agricole chez Illumina (fabricant de l'équipement scientifique) Anciennement généticien à l'INRAE	France, États-Unis	26/10/2016
AL	Alfredo Lepori	Généticien, Postdoc à l'Université d'État Libre	Afrique du Sud	31/10/2017
Andrew	Andrew	Eleveur	Afrique du Sud	09/11/2017
AR	Albert Reurink	Directeur général adjoint d'Evolution, coopérative d'IA française	France	21/11/2017
AS	Anton Smit	Ancien directeur de Taurus, coopérative IA sud-africaine, rachetée par Evolution Eleveur	Afrique du Sud	28/10/2017
BM	Bernice Mostert	Généticienne, responsable d'évaluation génétique sud-africaine à SA StudBook	Afrique du Sud	16/11/2017
Bull	'Bull'	Eleveur Holstein	Afrique du Sud	09/11/2017
BVD	Brian Van Doormaal	Directeur CDN (Canadian Dairy Network), organisme d'évaluation génétique Représentant du Canada au Comité de pilotage d'Interbull	Canada	07/11/2016
CP	Clotilde Patry	Généticienne à l'INRAE Secrétaire générale d'Eurogenomics	France	15/03/2016 et 26/10/2016
CW	Carl Wasserman	Responsable du service informatique d'Interbull Centre	Suède	30/01/2017
DB	Didier Boichard	Généticien à l'INRAE	France	30/10/2016
EH	Eva Hjerpe	Généticienne à Interbull Centre	Suède	26/01/2017
ES	Enrico Santus	Directeur Général d'ANARB (Association Nationale Italienne de la Race Brune), Fondateur d'Intergenomics,	Italie	27/10/2016 et 16/02/2018

		Représentant des pays sud-européens (Italie, Espagne, Portugal) à Interbull pour toutes les races laitières.		
ET	Enrico Tolken	Manager partie élevage Holstein dans une grande ferme	Afrique du Sud	07/11/2017
EVMK	Este Van Merle Koster	Génétiennne, Professeure à l'Université de Prétoria Coordinatrice du programme Beef Genomic Project Eleveure	Afrique du Sud	13/11/2017
FN	Frederick Nesor	Génétiennne, Professeur à l'Université d'Etat Libre	Afrique du Sud	30/10/2017
GB	Georges Banos	Génétiennne Le premier directeur d'Interbull Centre Actuellement Professeur à SRUC (Scotland's Rural College)	UK	13/02/2018
HB	Haifa Benhajali	Génétiennne à Interbull Centre Anciennement généticiennne à l'IDELE en France	Suède	24/01/2017
HD	Herman Duvenage	Directeur de l'Association Holstein SA	Afrique du Sud	25/20/2017
HDW	Hendrik de Waal	Chercheur en contrôle de performance à l'Agricultural Research Center	Afrique du Sud	07/11/2017
HJ	Hossein Jorjani	Génétiennne à Interbull Centre	Suède	24/01/2017
JA	Jacobus Abraham	Eleveur Holstein	Afrique du Sud	07/11/2017
JCM	Jean-Claude Mocquot	Un des pionniers d'Interbull Génétiennne à l'INRAE et à l'IDELE A la retraite	France	31/05/2016
JD	Joao Durr	Ancien directeur d'Interbull Centre Directeur de CDCB (centre d'évaluation génétique aux États-Unis)	États-Unis	27/10/2016
JM	Jay Mattison	Membre du Comité de pilotage d'ICAR Directeur de Dairy Herd Improvement Association	États-Unis	07/02/2017
JM1	Jey Marais	Directeur de l'Association Ayrshire SA	Afrique du Sud	02/11/2017

JP	Jan Philipsson	Un des pionniers d'Interbull Secrétaire général d'Interbull Professeur à SLU (Université agricole suédoise) A la retraite	Suède	25/01/2017
JP1	Julie Promp	Généticienne à l'IDELE Correspondante d'Interbull en France	France	15/12/2016
JS	Joanna Sendecka	Généticienne à Interbull Centre	Suède	30/01/2017
JS1	Jaco Smit	Directeur de Taurus- Evolution Eleveur	Afrique du Sud	26/10/2017
JT	John Terreblanche	Directeur de l'Association Jersey SA Eleveur	Afrique du Sud	26/10/2017
JVDW	Japie Van Der Wethuizen	Directeur de SA Studbook	Afrique du Sud	08/02/2017 et 26/10/2017
JYD	Jean-Yves Dréau	Directeur général adjoint d'Evolution, coopérative d'IA française	France	05/04/2018
KH	Kobus Heindricks	Eleveur Holstein	Afrique du Sud	14/11/2017
LM	Linky Magkalhela	Généticienne à l'Agricultural Research Centre Coordinatrice du programme Dairy Genomic Project	Afrique du Sud	15/11/2017
MF	Marjorie Faust	Représentante des États- Unis au Comité de pilotage d'Interbull Responsable R&D chez ABS (une entreprise de semence américaine)	États-Unis	07/02/2017
MG	Mike Goddard	Un des 'pères' de la sélection génomique Membre du Comité scientifique d'Interbull Généticien, Professeur à l'Université de Melbourne	Australie	07/02/2017
MK	Maria Klopčik	Représentante du groupe des pays d'Europe de l'Est au Comité de pilotage d'Interbull Généticienne, Professeure à l'Université de Ljubljana	Slovénie	26/10/2016

MM	Maurice Magueur	Ancien Directeur international d'Evolution A la retraite	France	16/10/2017
MM1	Munro Marx	Fondateur et dirigeant d'Unistel, plateforme biotechnologique	Afrique du Sud	07/11/2017
MP	Marcus Pedersen	Informaticien à Interbull Centre	Suède	30/01/2017
MVN	Michiel Van Niekerk	Enseignant à l'Université d'État Libre Doctorant en génétique Eleveur	Afrique du Sud	05/07/2017
NM	Norman Maiwashe	Directeur du département animal à l'Agricultural Research Center	Afrique du Sud	15/11/2017
NS	Nickie Serdyn	Eleveur Holstein	Afrique du Sud	07/11/2017
PMG	Patrick McGrath	Responsable export chez Evolution	France	19/10/2017
PS	Pete Sullivan	Généticien à l'Université de Guelph Membre du Comité technique d'Interbull Un des co-développeurs du modèle GMACE	Canada	26/10/2017
RD	Roy Dixon	Directeur de Xseed CRV, distributeur de semence bovine	Afrique du Sud	01/11/2017
RPC	Roché Pierre Cronzé	Représentant de l'entreprise de semence italienne Semenzoo	Afrique du Sud	07/11/2017
RR	Reinhard Reents	Président d'Interbull Représentant de l'Allemagne au Comité de pilotage d'Interbull Directeur de VIT (centre d'évaluation génétique allemand)	Allemagne	10/11/2016
SB	Soren Borchersen	Président d'Eurogenomics Directeur de Viking Genetics, entreprise de semence des pays nordiques	Danemark	16/02/2018
SM	Sophie Mattalia	Représentante de la France au Comité de pilotage d'Interbull Généticienne à l'IDELE	France	12/05/2016
SM1	Stéphanie Minery	Généticienne à l'IDELE Ancienne correspondante d'Interbull en France	France	30/10/2016
TR	Toine Roosen	Directeur d'Interbull Centre	Suède	27/01/2017

VP	Valentina Palucci	Généticienne à Interbull Centre	Suède	25/01/2017
WT	Wikus Taljaard	Commercial terrain chez Xseed CRV, distributeur de semence bovine	Afrique du Sud	06/11/2017
XD	Xavier David	Directeur d'Allice Représentant de l'industrie d'IA française à Eurogenomics	France	30/09/2016

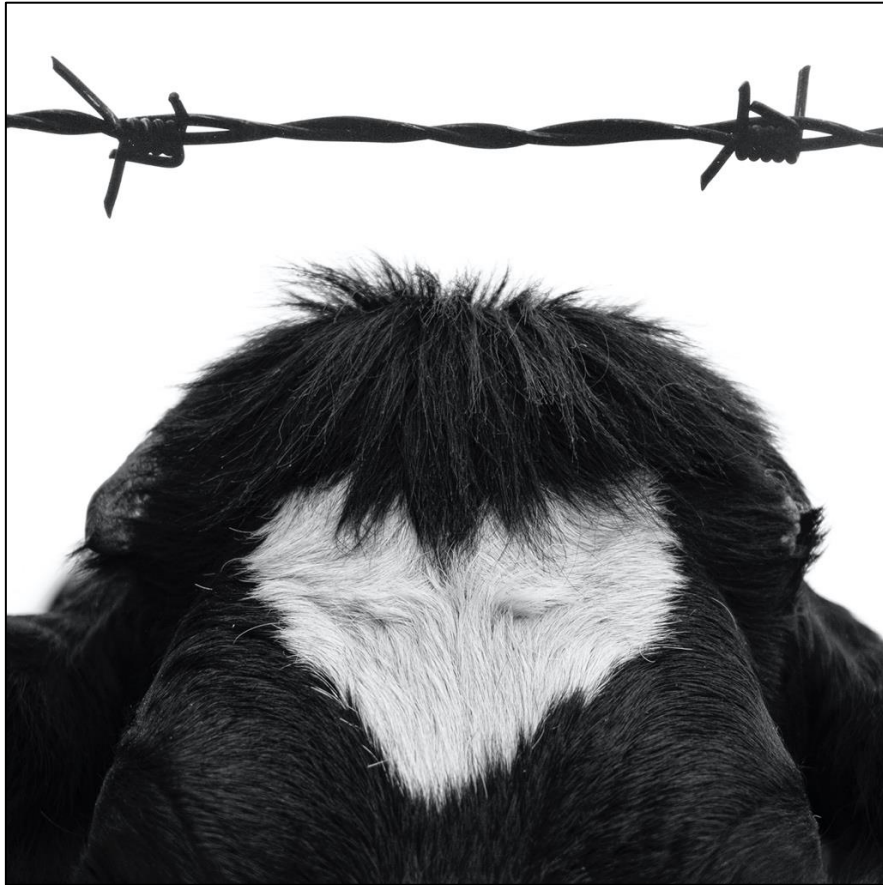
COWSCAPES

Ce projet interroge la place des vaches dans notre société. Elles sont de plus en plus nombreuses à produire de la nourriture pour l'humanité grandissante, mais, placées dans des systèmes 'hors sol', elles sont de moins en moins présentes dans nos paysages. Ici, je mets en scène les motifs offerts par la robe de la vache la plus industrialisée du monde - la Holstein - pour recréer des paysages surréalistes.









FARMING BEYOND THE FENCES



L'histoire de l'Afrique du Sud est mouvementée, dense en conflits culturels et politiques. La lutte prolongée contre l'apartheid, régime politique bien particulier basé sur une ségrégation raciale stricte, et son aboutissement glorieux en 1994 sont cités parmi les événements majeurs de la fin du XX siècle. La "nation arc-en-ciel" semble depuis être sortie de la ligne de mire de l'actualité géopolitique mondiale. Ce qui chagrine grandement la population des Boers, agriculteurs descendant des colons européens, hollandais, français, allemands, qui avaient apporté avec eux des pratiques agricoles occidentales et les ont développées dans les régions arides du centre de pays. Depuis la fin de l'apartheid, ils se sentent en forte insécurité et délaissés par leur gouvernement aussi bien que par la communauté internationale. Victimes de nombreuses attaques dont le nombre et la violence n'arrêtent pas d'augmenter depuis la fin du siècle précédent, ces agriculteurs continuent à travailler tant bien que mal dans la peur quotidienne et en s'organisant comme ils peuvent pour se protéger.

La famille Van Niekerk possède une grande ferme à l'Ouest de la ville de Bloemfontein, cette ferme est au cœur du pays historique des Boers. Elle s'étend sur plusieurs milliers d'hectares. C'est le cas de la plupart des fermes dans la région, ce qui rend les habitations des agriculteurs très isolées les unes des autres.



Une partie de l'activité est réservée à l'élevage de bovins d'une des races traditionnelles du pays - Nguni. Les taureaux reproducteurs sont une source de progrès génétique des troupeaux et représentent une grande fierté de la famille. Le travail est structuré par des tâches quotidiennes réparties entre les propriétaires et les employés de la ferme.





La maison d'habitation se trouve en plein milieu du domaine agricole. Jusqu'à présent, la famille Van Niekerk ainsi que ses employés ont échappé aux attaques. Pour autant, la peur les hante au quotidien. Depuis la fin des années 1990, la maison, comme la plupart des habitations du pays, est équipée des grilles métalliques qui séparent la partie des chambres du reste de la maison. Les attaques survenant souvent en pleine nuit, c'est un moyen de se protéger et d'avoir l'espoir de survivre.



Un petit cimetière familial témoigne de la volonté ferme de perpétuer la tradition et les générations d'agriculteurs sur ce domaine. La famille espère juste que le cimetière ne se remplira pas trop vite.



Hannes, le manager en troisième génération de cette ferme, dit être prêt à affronter les bandits et à protéger sa famille. Dans son arsenal d'armes, la Kalashnikov occupe une place centrale.



De l'autre côté de la ville de Bloemfontein, vers l'Est, à la frontière de Lesotho, la famille Hamilton a affronté une attaque armée en 2017. C'est à peine qu'ils commencent à en parler. Les souvenirs sont douloureux, mais leur religion chrétienne les fait tenir dans la joie et la bonne humeur et espérer le

meilleur pour leurs quatre filles. Ils ont toujours renoncé aux armes à feu et se limitent à rajouter des clôtures électriques en plus autour de leur maison.



Dans cette petite commune de Clocolan à la frontière de Lesotho, état enclavé frappé par une pauvreté extrême, le problème des attaques à main armée fait partie du quotidien de ces habitants, pour la plupart agriculteurs. Deone Roux, ancien agent de sécurité à la retraite, coordonne le réseau de ce qu'on appelle "farm watching". Ce mouvement de protection civile s'organise dans tout le pays face à l'inaction du gouvernement. Les volontaires patrouillent une zone définie de fermes. Le rôle du coordinateur est d'établir un réseau de communication entre ces patrouilles et les habitants.



Dans le smartphone de Deone les numéros d'environ 250 familles. Le groupe est créé sur l'application WhatsApp et deux fois par jour au minimum chaque membre y envoie un bref message pour dire si sur son secteur tout va bien. Le bureau de Deone est équipé d'une carte, d'un radio puissant et d'un ordinateur, tout ce qu'il faut pour déployer une logistique nécessaire en cas d'un signal de danger. Jusqu'à faire décoller un hélicoptère mis à disposition de la communauté par un des agriculteurs locaux. Deone dort très peu et principalement sur un matelas posé dans son bureau. "Que voulez-vous ? Il ne peut pas faire autrement," me dit sa femme.



Aux niveaux régional et national, ce mouvement est coordonné par des associations d'agriculteurs (agriculture unions) qui élaborent des stratégies et des outils de protection contre les violences. Jane et François sont responsables d'une telle association dans l'État Libre. Ils participent dans le travail analytique autour du problème des meurtres des agriculteurs. L'idée largement véhiculée dans le pays par les agriculteurs eux-mêmes, ainsi que dans la presse militante, sur le génocide de la population blanche est démentie par ces recherches. La situation est complexe. Les attaques, pour la plupart bien planifiées par des bandits, ont le cambriolage comme premier objectif. Les vols des armes, de l'argent, des troupeaux de vaches s'accompagnent parfois, et même souvent, par des actes de violence extrême qui peuvent sans doute être motivés par une haine exacerbée dans la situation politique actuelle. « Mais cela ne veut aucunement dire que ces meurtres sont politiquement orchestrés, » soutient Jane, criminologue de formation et engagée dans le mouvement.