

École doctorale Organisations, Marchés, Institutions
**Thèse de doctorat de l'Université Paris-Est
en sociologie**

présentée par

Thomas TARI

Le Domaine des recherches

*L'émergence et le développement des bioénergies
comme cadre de production de connaissances*

*soutenue publiquement à Champs-sur-Marne
le 14 décembre 2015, devant le jury composé de :*

| | | |
|----------------------------|--|---------------------|
| Marc BARBIER | Directeur de recherche à l'INRA | Directeur de thèse |
| Céline GRANJOU | Directrice de recherche à l'IRSTEA | Rapporteure |
| Bruno LATOUR | Professeur des universités à Sciences Po | Président du jury |
| Catherine PARADEISE | Professeur des universités à l'Université Paris-Est Marne-la-Vallée | Directrice de thèse |
| David PONTILLE | Directeur de recherche au CNRS | Examineur |
| François VATIN | Professeur des universités à l'Université Paris-Ouest Nanterre La Défense | Rapporteur |

Laboratoire Interdisciplinaire Sciences, Innovations, Sociétés (LISIS)

UMR 1326 INRA-UPEM-ESIEE, FRE 3705 CNRS

5, boulevard Descartes, 77420 Champs-sur-Marne, France

Le Domaine des recherches

L'émergence et le développement des bioénergies comme cadre de production de connaissances

Manuscrit de thèse de doctorat
de l'Université Paris-Est en sociologie

Auteur : Thomas TARI

Laboratoire Interdisciplinaire Sciences, Innovations, Sociétés (LISIS)
UMR 1326 INRA-UPEM-ESIEE, FRE 3705 CNRS
5, boulevard Descartes, 77420 Champs-sur-Marne, France

Le Domaine des recherches

L'émergence et le développement des bioénergies comme cadre de production de connaissances

Un rattachement ou une formation disciplinaire, pas plus que la relation à des espaces de travail et des instruments spécialisés, ne suffisent seuls à définir une culture scientifique. *Ce sur quoi* des chercheurs issus d'horizons divers travaillent, construit un mode singulier de conception de leurs activités, pratiques et rapport au monde. Leur réussite est irrémédiablement liée à un sujet, à la fortune que rencontre celui-ci comme innovation dans un contexte social qui le borne et qu'il crée simultanément. Comment s'organise cette (re)conversion vers une nouvelle thématique, alors que l'évolution des modes de financement privilégie aujourd'hui précisément ce cadrage ? Cette thèse propose une enquête sur la notion de « domaine de recherche », que nous définissons *a priori* comme le cadre des interactions entre l'activité professionnelle de chercheurs et la société autour d'un thème partagé ; elle défend sa dimension épistémique.

Ce manuscrit décrit en parallèle le développement des bioénergies, une des principales formes d'énergie dites renouvelables ou encore durables, issue de la biomasse, ses acteurs et leurs jeux d'actions, dans un contexte de forte incitation à conduire une transition énergétique globale, mais aussi de controverses sociales vives. Les deux objectifs de cette thèse convergent : décrire le style de pensée inhérent à un domaine de recherche particulier est nécessaire à l'appréhension, au-delà des seuls discours et promesses, des modes effectifs de développement d'une innovation (ici la mobilisation à grande échelle de végétaux, microorganismes ou déchets pour produire des biocarburants) et donc *in fine*, à l'évaluation par tout un chacun, de sa pertinence.

Mots-clefs : biocarburants, bioénergies, domaine de recherche, sociologie de la connaissance, sociologie des sciences, transition énergétique.

The Quest for the Oily Grail

The emergence of a research area on bioenergy and its role in the production of knowledge

Neither academic training within scientific disciplines, nor the daily work in the lab involving specialised equipments, define alone a scientific culture. What diverse researchers from various backgrounds work on, builds a specific way of designing their own activities, practices and relationships with the world. Their individual success is irrevocably bound to a subject, to its fortune as an innovation within the boundaries of a social context it simultaneously changes. How do they perform this (re)conversion to a new domain, as funding agencies nowadays favor this thematic framing? This thesis proposes an investigation into the notion of “research area”, which we *a priori* define as the frame of interactions between the professional activity of researchers and society around a shared theme; it stands up for its epistemic dimension.

This manuscript parallelly describes the “bioenergy” development, a major form of renewable or sustainable energy derived from biomass, its social actors and their interrelations, as strong incentives towards a global energy transition meet sharp social controversies. The two objectives of this thesis meet: describing the inherent style of thinking within a particular research area is required to grasp, beyond the hopes and promises, the actual patterns of development of an innovation (in this case, the large-scale mobilisation of plants, microorganisms or waste to produce biofuels) and thus, ultimately, to collectively evaluate its relevance.

Keywords: bioenergy, biofuels, energy transition, research area, sociology of knowledge, sociology of science.

Remerciements

Ce travail est né de ma rencontre avec Marc Barbier. Comme directeur de stage, puis co-directeur de cette thèse, il n'a jamais cessé de m'orienter vers des terrains, m'aider à concevoir des enquêtes qualitatives autant que quantitatives, dans un foisonnement d'idées hélas toujours pertinentes. Marc a sans doute compris bien avant moi où je voulais amener cette étude. En outre, et ce n'est pas anodin, il a mis à ma disposition tous les moyens nécessaires pour mener à bien mes recherches, en me poussant toujours davantage à voyager, visiter, enquêter. L'apport de ma co-directrice de thèse, Catherine Paradeise, n'est pas moindre ; il est complémentaire. En m'accueillant dans une équipe de recherche et enseignement en sociologie, par ses pistes de lectures judicieusement décalées par rapport à mon objet, elle a nourri ma culture sociologique. Les week-ends en pension complète passés chez elle à Marsangy pour, ligne après ligne, retravailler mes premiers textes, ont transfiguré mon écriture.

Sur mes terrains, j'ai eu la chance d'être partout bien accueilli, pour des entretiens parfois longs, des déjeuners, des visites de laboratoires qui m'ont passionnés. Je remercie sincèrement l'ensemble de mes interviewés, et plus particulièrement le collectif du laboratoire de biotechnologie de l'environnement à Narbonne, et son directeur, Jean-Philippe Steyer, de s'être prêtés à mon appétence ethnographique.

Deux collègues, devenus amis, ont exercé sur moi une profonde influence épistémologique et intellectuelle. Je leur suis redevable de bien plus que je ne le saurais exprimer ici : merci à Ashveen Peerbaye et à Nicolas Benvegny. Je dois aussi beaucoup aux doctorants qui ont progressivement partagé mon bureau et mon angoisse, et qui se sont raccrochés à l'un et l'autre : Henri Boullier, Tupac Soulas et Baptiste Kotras.

Philippe Breucker, de la plateforme CorTexT de l'IFRIS, m'a aidé à concevoir une base de données de projets de recherche et a développé son interface. Un grand merci à lui, ainsi qu'à toute l'équipe des buveurs de Chouffe dont les discussions ont enrichi mon quotidien : Marianne Noël, Vinciane Zabban, Élise Tancoigne, Éric Dagiral, Hélène Veillard, Sylvain Parasie, Pierre-Henry Gomont, Loïcka Forzi, Jean-Philippe Cointet et Aude Danieli. Je n'y ai pris part que lorsque le RER A ne ralentissait pas trop avant Vincennes (pas le mercredi donc, selon les plus quantitativistes de la bande), mais toujours avec bonheur. Merci aux collègues des anciennes unités INRA SenS, et équipe TIO du LATTs devenues LISIS, de l'UFR Sciences Humaines et Sociales de l'UPEM dont j'ai partagé la vie de laboratoire ou avec qui j'ai enseigné : Bilel Benbouzid, François Dedieu, David Demortain, Jean-Michel Denis, Hélène Ducourant, Patrice Flichy, Matthieu Grunfeld, Pierre-Benoît Joly, Philippe Larédo, Allison Loconto, Alexandre Mathieu-Fritz et Scarlett Salman. Merci à Julie Rust, Dorine Valy, Eddy Touati, Béatrice Revel, Valérie Duband et Siméone Boston pour leur indispensable soutien à notre activité.

L'ensemble de mes étudiants, à l'Université Paris-Est Marne-la-Vallée comme à Sciences Po, m'ont apporté le bonheur simple d'un cours réussi, à échéance plus brève et fréquence plus régulière que la rédaction d'une thèse de doctorat.

Ma gratitude va aussi vers tous les chercheurs confirmés qui, dans des séminaires, conférences, ou écoles doctorales, ont discuté mes travaux ; certains m'ont fait l'honneur de prolonger ou d'amorcer cet échange dans mon jury, je les en remercie profondément.

Enfin, grand merci à toute ma famille, à Ana qui a supporté cette thèse dans tous les sens du terme, et à Gabrielle, dont l'arrivée a moins retardé ce projet, qu'elle m'a encouragé à le conclure.

Table des matières

| | |
|--|------------|
| Incipit | 15 |
| Introduction Enquête sociologique sur un cadre de production de connaissances | 17 |
| A Le domaine au miroir des autres cadres de connaissances | 19 |
| A.1 Des unités cognitives et sociales peu manifestes | 20 |
| A.2 Une profusion de savoirs spécialisés | 24 |
| A.3 Éclipse et réappropriations des cadres de connaissances | 33 |
| B Une étude de domaine : enjeux et méthodes | 44 |
| C Tentative d'épuisement d'un domaine : plan d'ensemble | 48 |
| 1 Une énergie miscible : histoire et forme des biocarburants européens | 53 |
| 1.1 L'éthanol, un siècle et demi d'alternative énergétique | 57 |
| 1.1.1 Le concurrent malheureux du pétrole (1860–1973) | 58 |
| 1.1.2 Une génération perdue (1973–1990) | 62 |
| 1.2 L'invention du biodiesel, agrocarburant (1990–1994) | 69 |
| 1.2.1 Une compensation aux réformes agricoles communautaires | 69 |
| 1.2.2 Un ester méthylique d'huile végétale, le choix du colza | 76 |
| 1.3 Un monopole construit sur des luttes définitionnelles | 83 |
| 1.3.1 La distinction par la défiscalisation (1994-2007) | 83 |
| 1.3.2 Des controverses « sans objet » (2007–2014) | 92 |
| Conclusion | 103 |
| 2 Savoirs contés : technologies et générations de bioénergies | 107 |
| 2.1 Une conception linéaire du développement technologique | 112 |
| 2.1.1 Une succession de générations, ou le progrès dans la continuité | 112 |
| 2.1.2 Une prolifération de thématiques et la dynamique des générations | 117 |
| 2.2 Des ruptures au secours d'une innovation controversée | 124 |
| 2.2.1 Un piètre indicateur sociotechnique | 124 |
| 2.2.2 Le bon grain, de l'ivraie | 127 |
| 2.3 Un usage politique plus qu'une nécessité rhétorique | 130 |
| 2.3.1 L'évolution conjointe des catégories et structures de collaboration | 130 |

| | | |
|------------------------------|--|------------|
| 2.3.2 | Plaidoyer contre l'usage du concept de génération | 134 |
| | Conclusion | 135 |
| Annexes au chapitre 2 | | 137 |
| 2.A | Structure d'une base de données relationnelle de projets | 137 |
| 2.B | Calculs d'indicateurs dynamiques de catégories | 141 |
| 3 | Métamorphoses d'un laboratoire : propriétés épistémiques du domaine | 147 |
| 3.1 | Provoquer et circonscrire le hasard expérimental | 150 |
| 3.1.1 | En quête de résistances | 151 |
| 3.1.2 | La traque du hasard | 154 |
| 3.1.3 | L'ensemble des problèmes traitables | 161 |
| 3.2 | Articuler un collectif de recherche | 162 |
| 3.2.1 | Diriger un laboratoire, un métier scientifique | 163 |
| 3.2.2 | Parler et se comprendre au laboratoire, un défi | 166 |
| 3.2.3 | Transformer ses objets, reconfigurer les équipes de recherche | 171 |
| 3.3 | Le laboratoire dans ses dynamiques | 178 |
| 3.3.1 | Le collectif de recherche et ses transformations identitaires | 179 |
| 3.3.2 | Mécanique des corps épistémiques au laboratoire | 183 |
| 3.3.3 | L'engagement à construire la valeur scientifique produite | 185 |
| | Conclusion | 189 |
| 4 | Conversions de chercheurs : trajectoires sociales et réflexivités | 193 |
| 4.1 | Une profusion de parcours « atypiques » | 195 |
| 4.1.1 | L'expertise du technicien et son ascension sociale | 195 |
| 4.1.2 | Les compétences du technicien et ses conditions de travail | 199 |
| 4.1.3 | Figures du technicien-artisan et du franc-tireur | 203 |
| 4.2 | Les valeurs partagées d'un engagement en bioénergies | 206 |
| 4.2.1 | Une sensibilité agricole plus qu'énergétique | 207 |
| 4.2.2 | Ranimer un élan scientifique | 212 |
| 4.3 | Réflexivités biographiques et processus de légitimation | 215 |
| 4.3.1 | Un domaine fondé sur des expériences biographiques ? | 215 |
| 4.3.2 | La sociologie des sciences et de l'innovation pour ressource | 217 |
| | Conclusion | 220 |
| 5 | Tentatives de structuration d'une communauté : enjeux et vecteurs | 223 |
| 5.1 | L'agency des agences de financement de la recherche | 225 |
| 5.1.1 | Des luttes inter-agences aux enjeux de gouvernance et de valeurs | 227 |
| 5.1.2 | Un domaine en quête d'orientations stratégiques | 230 |
| 5.2 | Des expertises confrontées à l'exercice interdisciplinaire | 233 |

| | | |
|-------|--|------------|
| 5.2.1 | L'expérience mitigée d'un atelier de réflexion prospective | 234 |
| 5.2.2 | Tensions dans l'évaluation | 235 |
| 5.2.3 | L'émergence d'un nouvel axe thématique : le cas des microalgues . . . | 238 |
| 5.3 | La bioraffinerie pour agencement sociotechnique ? | 240 |
| 5.3.1 | L'imaginaire de la « bioéconomie fondée sur la connaissance » | 240 |
| 5.3.2 | L'état des pilotes, plateformes et démonstrateurs de recherche | 243 |
| | Conclusion | 245 |
| | Conclusion Le domaine des recherches | 249 |
| | Sources primaires | 257 |
| | Bibliographie | 267 |

Le Domaine des recherches

*L'émergence et le développement des bioénergies
comme cadre de production de connaissances*

Au début des années soixante, Altamont reçut à Genève la visite d'un certain Wehsal, un homme au cheveu rare et aux dents gâtées. Wehsal était alors professeur de chimie organique à l'université de Green River, Ohio, mais il avait pendant la deuxième guerre mondiale dirigé le Laboratoire de chimie minérale de la Chemische Akademie de Mannheim. En mille neuf cent quarante-cinq, il fut l'un de ceux que les Américains placèrent dans l'alternative suivante : ou bien accepter de travailler pour les Américains, émigrer aux États-Unis et se voir offrir un poste intéressant, ou bien être jugé comme complice des Criminels de Guerre et condamné à de lourdes peines de prison. Cette opération, connue sous le nom d'Opération Paperclip (Opération Trombone) ne laissait guère de choix aux intéressés et Wehsal fut l'un des quelque deux milles savants – dont le plus connu à ce jour reste Wernher von Braun – qui prirent le chemin de l'Amérique en même temps que quelques tonnes d'archives scientifiques. [...]

Wehsal voulait revenir en Europe. Il contacta la BIDREM [Banque Internationale pour le Développement des Ressources Énergétiques et Minières] et en échange d'un poste d'ingénieur-conseil proposa à Cyrille Altamont de lui révéler tous les secrets relatifs à l'hydrogénisation du carbone et à la production industrielle de carburant synthétique. Avec, en guise de prime, ajouta-t-il en découvrant ses dents pourries, une méthode permettant de faire du sucre avec de la sciure de bois. Et à titre de preuves, il remit à Altamont quelques feuillets dactylographiés couverts de formules et de chiffres : les équations générales de la transformation et, seul secret véritablement dévoilé, le nom, la nature, le dosage et la durée d'emploi des oxydes minéraux servant de catalyseurs.

Les bonds en avant foudroyants que la guerre aurait fait faire à la science et les secrets de la supériorité militaire de l'Allemagne n'intéressaient pas outre mesure Cyrille Altamont qui mettait ce genre de choses sur le même plan que les histoires de trésors cachés des S.S. et autres serpents de la mer de la presse à grand tirage, mais il fut néanmoins assez consciencieux pour faire expertiser les méthodes que Wehsal lui proposait. La plupart de ses conseillers scientifiques se moquèrent de ces techniques lourdes, inélégantes et dépassées : effectivement, on avait pu faire voler des fusées avec de la vodka, comme on avait pu faire marcher des voitures avec des gazogènes fonctionnant au charbon de bois ; on pouvait fabriquer de l'essence avec du lignite ou avec de la tourbe, et même avec des feuilles mortes, des vieux chiffons ou des épluchures de pommes de terre : mais cela coûtait tellement cher et impliquait des dispositifs tellement encombrants qu'il était mille fois préférable de continuer à se servir du bon vieil or noir. Quant à la fabrication du sucre à partir de sciure de bois, elle présentait d'autant moins d'intérêt que tous les experts s'accordaient pour estimer que, à moyen terme, la sciure de bois deviendrait une denrée beaucoup plus précieuse que le sucre.

Altamont jeta au panier les documents de Wehsal et pendant plusieurs années il raconta cette anecdote comme un exemple typique de la bêtise scientifique. Il y a deux ans, au sortir de la première grande crise du pétrole, la BIDREM décida de financer des recherches sur les énergies de synthèse « à partir des graphites, anthracites, houilles, lignites, tourbes, bitumes, résines et sels organiques » : elle y a investi depuis à peu près une centaine de fois ce que lui aurait coûté Wehsal si elle l'avait embauché. À plusieurs reprises, Altamont essaya de recontacter le chimiste ; il finit par apprendre qu'il avait été arrêté en novembre 1973, quelques jours après la réunion de l'OPEP à Koweït où il fut décidé de réduire d'au moins un quart les livraisons de brut de la plupart des pays consommateurs. Accusé d'avoir tenté de livrer des secrets « d'importance stratégique » à une puissance étrangère – en l'occurrence la Rhodésie – Wehsal s'était pendu dans sa cellule.

La Vie mode d'emploi de Georges Perec (1978, chapitre 62)

Introduction générale

Enquête sociologique sur un cadre de production de connaissances

Dans *La Vie mode d'emploi* (1978), Georges Perec décrit la vie d'un immeuble et celle de ses habitants successifs sur un siècle, appartement par appartement. Si le sous-titre *Romans* souligne le caractère fragmenté et fictionnel de cette œuvre, cet exercice d'exhaustivité tient sa cohérence du respect d'un cahier des charges particulièrement complexe bâti sur quarante-deux règles (Perec 1995), suivant la tradition de l'OuLiPo. L'auteur s'impose par exemple de faire référence, dans chaque chapitre, à un événement surgi durant son écriture. Ainsi, le soixante-deuxième chapitre, dont nous avons reproduit un large extrait en préambule, s'inscrit dans le contexte contemporain aux chocs pétroliers et à la quête d'énergie alternatives qu'ils induisirent en France et dans le monde entier, et qui se traduisirent par le lancement de programmes de recherche dédiés. Peut-être Perec s'inspira-t-il d'ailleurs d'un authentique fait divers, au sujet de l'un des Allemands qui mit au point des carburants synthétiques durant la Seconde Guerre mondiale, puis qui fut capturé par les Américains lors de l'opération *Paperclip*.

Georges Perec connaissait particulièrement bien le monde scientifique, puisque jusqu'au succès rencontré par cet ouvrage, qui lui permit de se consacrer à la seule littérature, il occupait depuis plus de quinze ans un poste de documentaliste au sein d'un laboratoire de neurophysiologie du CNRS. C'est sans doute cette familiarité qui le conduisit à associer, à une destinée tragique au point de la personnifier, une carrière scientifique. Le nom de Wehsal, ainsi que ses traits physiques et son attachement à la ville de Mannheim, furent empruntés – il s'agit là encore d'une contrainte inscrite au cahier des charges – à un personnage de *Der Zauberberg* [*La Montagne magique*] de Thomas Mann (1924) ; individu pathétique, dont le patronyme signifie lui-même « peine » en allemand, Ferdinand Wehsal est l'éconduit en amour et amitié, qui finit, solitaire, par se suicider. Perec nous propose donc dans son texte une version scientifique de la figure de la peine, non moins ironique et mordante que celle de Mann. Cette peine de Wehsal, personnage peu attachant au parcours laborieux et souvent inique, ne résulte plus de ses attachements platoniques à des individus qui lui sont émotionnellement inaccessibles : elle le poursuit parce que ce professeur de chimie organique a lié son destin à celui de ses recherches et à leur

(mauvaise) fortune dans divers contextes sociaux, au fil de l'Histoire.

Les hauts et les bas de la vie professionnelle et personnelle de Wehsal sont intrinsèquement liés à l'attractivité et l'intérêt porté à un domaine de recherche alors identifié autour des « carburants synthétiques » – on dirait aujourd'hui biocarburants ou bioénergies. Perec narre comment une science faite de « techniques lourdes, inélégantes et dépassées », put, à une décennie d'intervalle, être soudain considérée « d'importance stratégique ». Les acteurs de ce domaine, qui véhiculaient « un exemple typique de la bêtise scientifique », devinrent alors une ressource humaine rare et précieuse. Les parcours des pionniers des bioénergies en France, auprès desquels nous avons conduit des entretiens, témoignent de la précision et de la pertinence de l'écriture « brute » de Perec, dont Howard S. Becker (1998, p. 77–9) a souligné la forte dimension sociologique. Eut-il attendu quelques années de plus avant de publier son manuscrit, Perec aurait même pu prolonger d'un ultime rebondissement ironique la fatalité qui frappait son chimiste : le contre-choc pétrolier et l'abandon des principaux programmes de recherche sur les alternatives énergétiques qui s'ensuivit au milieu de la décennie 1980 assignèrent d'autres Wehsal, que nous avons eu l'occasion d'interroger, à une nouvelle traversée du désert. Ce n'est que récemment, depuis une vingtaine d'années, que ce champ de recherches et ses acteurs, sujets de cette thèse, connurent de conserve un énième retour en grâce.

Potentiel objet littéraire car intrinsèquement lié à la carrière voire à la destinée d'un individu, et particulièrement sensible aux événements sociaux et historiques (que l'on songe par exemple à l'inévitable reconversion de nombreux spécialistes du système soviétique à la suite de la chute du Mur de Berlin), le domaine de recherche, ce cadre d'interactions entre l'activité professionnelle de chercheurs et la société autour d'une thématique partagée, a fait l'objet de relativement peu de travaux académiques jusqu'ici. Or, un rattachement ou une formation disciplinaire, pas plus que la relation à des espaces de travail et des instruments spécialisés, ne suffisent seuls à définir une culture scientifique. La vie des chercheurs est irrémédiablement liée à un sujet, à la fortune que rencontre celui-ci comme innovation dans un contexte social qui le borne et qu'il crée simultanément. Aussi, au fil de leur carrière, doivent-ils organiser des (re)conversions vers un nouveau thème, alors que l'évolution des modes de financement privilégie aujourd'hui précisément ce cadrage par domaine.

Biodiversité, biologie de synthèse, changement climatique, génomique, humanités numériques, nanotechnologies... parallèlement à l'émergence de nouveaux domaines, des sociologues des sciences et de l'innovation étudient qui leur rapport aux marchés, qui leur rapport aux risques, à la participation citoyenne, à la démocratie, aux sciences sociales embarquées... Au mieux, on prête à cet étiquetage une dimension stratégique ; seuls des naïfs y verraient autre chose qu'un nouveau dispositif d'attribution des ressources de la recherche : dans le *new public management*, on soigne son adéquation à un fléchage. Au pire, il est le support de promesses technoscientifiques irréalistes, fallacieuses ou dangereuses pour la société. Un moyen pour des innovateurs avides, quand ils ne sont pas véreux, de vendre leur soupe. Bref, on ne se satisfait

pas du caractère fuyant de ces domaines de recherche, de leur éternelle incomplétude ; ce ne sont pas des sciences, pas des disciplines, pas même des spécialités, pas de véritables communautés : ils sont inaccomplis. Quant aux acteurs, aux chercheurs, aux méthodologies, aux littératures qu'ils prétendent réunir, ils et elles sont si hétérogènes, indépendants et inconciliables, qu'on ne peut y voir qu'une alliance de façade, la réponse cynique à une incantation interdisciplinaire.

Notre travail ne vise pas à contredire ces postulats, qui peuvent se vérifier contextuellement. Nous faisons simplement le constat que peu d'études ont pris pour objet ces thématiques, pour elles-mêmes. L'objet de cette thèse est précisément de prendre au sérieux le domaine des recherches, cette nébuleuse qui rassemble de nombreux acteurs autour d'une même thématique définie socialement. Nous ne voulons pas graver pour autant son existence dans le marbre, ne présumons pas de sa place dans une hiérarchie des savoirs, mais en suivant les multiples espaces et échelles où ce cadre opère, nous avons pour programme l'étude des interactions qu'il suscite et la description fine de son rôle. Avec une hypothèse de départ : *ce sur quoi* des chercheurs issus d'horizons divers travaillent, construit un mode singulier de conception de leurs activités, pratiques et rapports au monde.

En préalable à notre enquête sur les bioénergies, qui constitue le corps de cette thèse, nous avons jugé bon de confronter la notion de domaine de recherche aux concepts connexes déjà définis par les sociologies des sciences et de la connaissance, afin de mieux faire saillir son intérêt, et son originalité.

A Le domaine au miroir des autres cadres de connaissances

Quelle est l'échelle la plus pertinente pour rendre compte du sens et de la portée d'ensembles parfois diffus de savoirs, de pratiques et de collectifs scientifiques, dans un processus de production de connaissances ? Au fil de réflexions historiques, philosophiques, épistémologiques ou encore sociologiques, de nombreuses réponses ont émergé.

L'unité principale de classification des savoirs, la discipline, a longtemps fourni un cadre de référence (Heilbron (2003) parle de « cadre référentiel premier ») pour l'histoire des sciences, dans une perspective essentiellement internaliste, centrée sur une évolution des contenus et méthodes, et parsemée d'éléments biographiques sur les savants qui les « découvrirent ». Si ces branches de la connaissance apparaissent comme les plus légitimes, c'est qu'elles s'expriment aussi sous des formes sociales, institutionnalisées : au sein de processus de formation – celle du chercheur, comme de chacun d'entre nous – et dans des structures spécifiques, telles la faculté au sein d'une université, des sociétés savantes réunies en congrès... Cette dualité cognitive et sociale ne constitue pourtant pas un fondement des disciplines ; selon Boutier, Passeron et Revel (2006), celles-ci sont issues d'ensembles de savoirs plus fragmentés.

Quoique fort ancien, le terme de « discipline » n'apparaît que tardivement pour désigner un principe de spécialisation de la recherche qui se veut à la fois *logique*, par sa référence à une théorie unifiée de l'intelligibilité, et *fonctionnel*, par ses principes d'organisation de la diversité des connaissances. Le « système des disciplines » semble alors se substituer au langage d'une organisation des savoirs et des savoir-faire en « spécialités » ou « métiers » pour couvrir l'ensemble « naturel » des sciences et des arts, en le justifiant par une conception encyclopédique de la connaissance.

Boutier, Passeron et Revel (2006, p. 7)

L'historiographie des disciplines montre que ce cadrage ne s'est pas non plus imposé durablement avec la même pertinence. Ainsi, Gilles Klein (2000) identifie trois thèses (en partie seulement assimilables à des phases distinctes et successives) concernant « l'aventure des disciplines » : une première renvoyant à la construction cognitive, institutionnelle et sociale de cette unité de classification des connaissances, une deuxième de dépassement et déconstruction du cadre disciplinaire et enfin, un mouvement de réhabilitation. Gilles Klein identifie, à l'instar de toute une littérature secondaire¹, une diversité très riche de cadres de connaissances. Nous nous attacherons à les présenter non pas au service d'un modèle disciplinaire, mais en portant attention au regard différencié que chacun de ces ensembles à la fois cognitifs et sociaux nous offre, pour penser ce que l'on appelle communément un domaine.

A.1 Des unités cognitives et sociales peu manifestes

Nous faisons le constat que les auteurs, qui, les premiers, ont analysé simultanément histoire des contenus cognitifs et formation sociale des collectifs, se sont détachés de l'emploi du terme de discipline. Ils ont identifié et nommé d'autres niveaux pertinents – car, pour eux, cohérents – de pensée et pratique de la recherche scientifique. Ils n'en ont pas caractérisé l'étendue en des termes usuels, ni les frontières par des distinctions établies et partagées, mais ont développé leur propre système de représentation et un vocable associé. Ainsi, Ludwik Fleck (1935), partant de l'histoire de la transformation collective de la réaction de Wassermann, un test de la syphilis, décrit l'émergence de ce qui pourrait à gros traits être assimilé dans notre vocabulaire contemporain à une nouvelle spécialité médicale, la sérologie, à travers le concept de *Denkstil* [style de pensée], porté par un *Denkkollektiv* [collectif de pensée].

Si nous définissons un collectif de pensée comme la communauté des personnes qui échangent des idées ou qui interagissent intellectuellement, alors nous tenons en lui le vecteur du développement historique d'un domaine de pensée, d'un état du savoir déterminé et d'un état de la culture, c'est-à-dire d'un style de pensée particulier.

Fleck (ibid., p. 74), traduction N. Jas

Fleck développe toute une théorie de la connaissance – pas seulement scientifique – à partir de cette unité spécifique. Si beaucoup de travaux futurs s'en inspirèrent, peu reprirent l'usage non

1. Des manuels de sociologie des sciences ou *Science and Technology Studies (STS)* ont informé notre lecture de l'abondante littérature en sociologie des connaissances, citons : Bonneuil et Joly (2013), Dubois (2001), Hackett et al. (2007) et Pestre (2006) et tout particulièrement sur ce sujet O. Martin (2005), Sismondo (2010) et Vinck (2007).

seulement du nom, mais surtout du périmètre spécifique d'étude qu'elle délimite empiriquement et théoriquement. Car un style de pensée dépasse de fait le simple cadre de la « spécialité ». L'une de ses caractéristiques singulières réside précisément en ce qu'il ne peut « se réduire à un cercle confiné de spécialistes² ».

Il existe, indépendamment d'une organisation formelle et objective d'un collectif stable [...] des caractéristiques structurelles communes à toutes les communautés de pensée en tant que telles. Cette structure générale du collectif de pensée consiste en ce qui suit : autour de chaque configuration de pensée, que ce soit un dogme religieux, une idée scientifique ou une théorie artistique, se constituent à la fois un petit cercle ésotérique et un cercle exotérique plus large, chacun étant composé de membres du collectif de pensée. [...] La relation du plus grand nombre des membres du collectif de pensée aux configurations du style de pensée repose donc sur la confiance accordée aux initiés. Cependant ces initiés ne sont en aucune façon indépendants : ils sont plus ou moins – consciemment ou inconsciemment – dépendants de l'« opinion publique » – c'est-à-dire du cercle exotérique. C'est de cette façon que se construisent de manière générale la fermeture interne du style de pensée et sa tendance à persister.

Fleck (ibid., p. 183–4), traduction N. Jas

Ces « caractéristiques structurelles » des communautés de pensées – ces interrelations entre cercles concentriques, qui à la lecture nous apparaissent aujourd'hui sous la forme de réseaux³ – ainsi que l'inscription simultanée d'un individu dans plusieurs de ces collectifs, définissent un cadre d'étude particulièrement original au regard des écrits postérieurs. Le sel du chapitre de Perceval réside précisément dans l'évolution des interactions entre un spécialiste, Wehsal, et un membre d'un cercle exotérique, le fondé de pouvoir Cyrille Altamont. Si nous avons souhaité ouvrir cet état de l'art par les travaux de Ludwik Fleck, ce n'est pas seulement pour respecter une chronologie et donc leur antériorité, mais précisément pour souligner leur contemporanéité : ce que nous nommons aujourd'hui un domaine de recherche partagé précisément avec le collectif de pensée cette caractéristique de réunir autour d'une idée, de manière non exclusive, des acteurs scientifiques, mais aussi économiques, culturels et sociaux ; et d'exister par leur interrelation.

D'autres auteurs caractérisèrent des ensembles à la fois cognitifs et sociaux selon une logique que l'on a pu ensuite qualifier d'« externaliste » ou « internaliste », selon qu'ils mettaient l'accent sur le rôle de l'environnement et du contexte social sur l'activité scientifique ou sur le développement ésotérique de cette dernière. Alors que les travaux respectifs de Robert K. Merton ou de Thomas S. Kuhn sont connus pour leur conceptualisation de l'activité scientifique en termes de normes, qu'il s'agisse de « communalisme, universalisme, désintérêt individuel, et scepticisme organisé » ou de « science normale », nous voulons quant à nous souligner leur dimension dynamique. Ainsi, la thèse de Robert K. Merton (1938), « Science, Technology and

2. Comme le souligne Ilana Löwy, dans sa préface à l'édition française de *Genèse et développement d'un fait scientifique*, traduite par Nathalie Jas.

3. On comprend pourquoi Bruno Latour, dans sa postface à l'édition précédemment citée, insiste sur l'actualité et non sur le caractère seulement précurseur de l'œuvre de Fleck, qu'il juge amputée dans la version qu'en développa Thomas Kuhn sous le nom de paradigme.

Society in Seventeenth Century England » interroge les déplacements thématiques [*shifts in the foci of interest, shifts of emphasis*] d'un domaine culturel à un autre, en fonction de facteurs sociaux externes :

Les divers domaines culturels ne se développent pas à rythme constant. Selon les époques, l'attention se porte principalement vers une ou quelques unes de ces aires, pour mieux s'orienter, ensuite, vers d'autres centres d'intérêts. [...] Comment expliquer de tels changements d'orientation ? Il est évident que, jusqu'à un certain point, l'histoire interne de chaque domaine culturel nous fournit une explication. Il est cependant plausible que d'autres conditions sociales et culturelles jouent aussi un rôle. [...] Quels facteurs sociologiques, s'il y en a, influencent les changements d'intérêts d'une science vers une autre, d'un domaine technologique vers un autre ?

Merton (1938, p. 3–5), notre traduction

Merton place donc son analyse à un niveau très général. Il met en exergue l'influence d'une forme religieuse spécifique, le puritanisme, sur le développement des sciences expérimentales modernes ; influence fondée sur le partage de valeurs communes, sur le modèle de Max Weber qui liait éthique protestante et développement du capitalisme (Weber 1934). Inspiré à la lecture de Fleck, Thomas S. Kuhn (1962) propose lui sa propre définition de traditions particulières et cohérentes de recherche scientifique, à l'origine du partage de règles et normes communes, à une échelle plus fine : les paradigmes. Sa perspective est aussi dynamique ; il s'agit d'accomplissements, de performances qui ont en commun deux caractéristiques : celle de « soustraire un groupe cohérent d'adeptes à d'autres formes d'activité scientifique concurrentes » et d'« ouvr[ir] des perspectives suffisamment vastes pour fournir à ce nouveau groupe de chercheurs toutes sortes de problèmes à résoudre ». On imagine souvent le paradigme comme un palier figé et autorégulé ; c'est oublier que celui-ci est avant tout d'essence relationnelle, et qu'il émerge d'un travail continu de démarcation.

Les paradigmes gagnent leur rôle privilégié parce qu'ils réussissent mieux que leurs concurrents à résoudre quelques problèmes que le groupe de spécialistes est arrivé à considérer comme aigus. [...] C'est à des opérations de nettoyage que se consacrent la plupart des scientifiques durant toute leur carrière.

Kuhn (ibid., p. 46), traduction L. Meyer

À la différence de Fleck, c'est dans la seule sphère scientifique, entre groupes concurrents travaillant sur des spécialités divergentes, que Kuhn théorise cette mécanique. La prolixe littérature de sociologie des connaissances des décennies suivantes fit de sa *Structure des révolutions scientifiques* le point de départ de toutes ses réflexions. Elle y associa souvent un autre ouvrage contemporain, qui connut pareil succès : *Little Science, Big Science* de Derek J. de Solla Price (1963). Cet *opus* fondateur de la scientométrie fait état d'une croissance exponentielle du nombre de publications scientifiques au fil des décennies et analyse la concentration de la pratique de la citation sur un faible volume d'entre elles. Pour étayer son attention portée aux espaces de coécriture et à l'usage de la référence, Price emprunte et réinvestit une notion du XVII^e siècle forgée par Robert Boyle : celle de « collègues invisibles », qui désigne les collectifs

informels de savants qui interagissent de près, dans des relations interpersonnelles. Ces configurations à la fois sociales et cognitives sont pour lui primordiales, car elles constituent les fronts de la recherche scientifique.

Style et collectif de pensée, domaine culturel, paradigme, collègue invisible : ces concepts renvoyant à des ensembles cohérents de connaissances partagent certaines caractéristiques qui nous intéressent pour penser les domaines. Premièrement, ils se proposent tous comme alternative au cadre disciplinaire, chacun constituant une nouvelle unité d'analyse, hypothétiquement plus pertinente pour rendre compte logiquement de communautés de savoirs. Ensuite, ils partagent une essence d'ordre dynamique : tous sont fondés sur une logique relationnelle qui pense la coexistence et le déplacement dans le temps d'une entité vers une autre. De tels mécanismes relationnels ont aussi été mis en avant pour rendre compte de la création de savoirs au sein d'un système disciplinaire, par exemple par Andrew Abbott (2001) qui identifie un processus de différenciation fractale entre disciplines proches, qui permet de fonder de nouveaux courants sur la base de principes théoriques et méthodologiques partagés. Mais cette optique ne traduit que des relations entre des sous-disciplines ou des corps de savoirs apparentés et affiliés à des ensembles cognitifs plus grands, et non entre celles considérées comme épistémologiquement premières. Parce qu'elles sont toutes dynamiques, les quatre approches précédemment citées se distinguent précisément lorsqu'il s'agit de situer le moteur de ces transitions thématiques : actif au sein du monde scientifique pour Kuhn et Price, influencé du dehors par des facteurs sociaux pour Merton, à l'interaction de ces univers pour Fleck, qui seul cherche l'articulation entre un monde et son environnement social et politique, qu'il contribue à façonner.

Ces approches partagent en outre une caractéristique importante, que Price seul assume explicitement : leur opacité et le flou quant à leurs contours. Il s'agit en effet de concepts, c'est-à-dire des représentations générales et abstraites, et non pas de notions, empiriquement porteuses de sens. Ces néologismes ne correspondent pas à des entités immédiatement identifiables par leurs contemporains ou par nous aujourd'hui, à l'inverse des domaines. Ils présupposent qu'en termes de savoirs, les « vrais » collectifs, ensembles cognitifs et pratiques ne constituent pas des évidences *a priori* et il est donc délicat d'identifier concrètement à quoi correspondrait le périmètre de connaissances que chacun d'entre eux dessine. Cette critique, Joseph Ben-David (1964), fondant son analyse sur les dimensions organisationnelles de l'activité scientifique, mais aussi Michael J. Mulkey (1969) l'ont portée : le fort taux de croissance et la diversification de la production scientifique décrits par Price remettraient en cause la pertinence de ces grands ensembles de connaissance, et au premier chef celle du paradigme.

Dans notre vaste système scientifique hyperspécialisé où la recherche se conduit en parallèle sur tant de niveaux, il est très difficile d'associer clairement telle sous-communauté scientifique particulière à tel paradigme en particulier. Chaque champ est fragmenté en tellement de sous-spécialités différentes et il y a tellement de gens qui travaillent à cheval sur plusieurs champs, que l'impact d'une innovation – même la plus révolutionnaire – sera

probablement expérimenté de manières très variées, au travers d'autant de divers concepts.

Ben-David (1964, p. 475), notre traduction

Pour Ben-David et Mulkey, « une grande part du changement scientifique consiste simplement en la découverte de nouveaux domaines d'études et à l'application, à ceux-ci, de paradigmes ayant par ailleurs fait la preuve de leur utilité dans d'autres champs. » (Crane 1972, p. 39). Ils ouvrirent ainsi, et ce pour une dizaine d'années, un ensemble de recherches prenant pour objet un degré spécifique de connaissances, clairement identifiable puisque revendiqué par les chercheurs eux-mêmes : la spécialité scientifique.

A.2 Une profusion de savoirs spécialisés

Comme le résume Daryl E. Chubin (1976) à la fin de cette période, les travaux en sociologie des connaissances se concentrèrent autour des années 1970 sur une nouvelle unité épistémologique :

En résumé, les disciplines forment le domaine de la science, tandis que de plus petites unités intellectuelles (nichées au cœur et à l'intersection de disciplines) constituent le domaine de recherche. Au sein de la sociologie des sciences, ces unités ont été nommées « spécialités scientifiques ».

Chubin (ibid., p. 448), notre traduction

Nous allons un peu nous attarder sur ces unités, qui partagent avec les domaines cette idée que des chercheurs issus d'horizons divers, se déplacent et convergent sur une même thématique ou un même objet de recherche, dans une perspective cependant assez internaliste à l'univers scientifique. L'émergence de nouvelles spécialités fut d'abord, pour de nombreux auteurs, identifiée comme une stratégie organisationnelle d'adaptation au contexte nouveau de production exponentielle des savoirs et compétition ouverte entre savants, décrit par Derek J. de Solla Price. Avant que d'autres ne lient à l'analyse sociale de ces spécialités, une description fine et circonstanciée de leurs contenus intellectuels.

La spécialité comme stratégie organisationnelle

La croissance exponentielle du nombre de laboratoires, chercheurs, objets et publications, transforma fondamentalement l'activité de recherche, dont le pluralisme éclatait au grand jour. Un ensemble de penseurs contemporains cherchèrent à rendre compte de ce bouleversement organisationnel ; ils le firent notamment en décrivant l'émergence de « spécialités ». Pour Warren O. Hagstrom (1965), l'organisation de la « communauté scientifique » suit la logique d'une théorie de l'échange, et peut donc être analysée à partir de normes, de principes de régulation, qui sont ceux du marché. L'entreprise scientifique, concentrée sur la seule publication, forme un système de plus en plus concurrentiel, au sein duquel l'émergence de nombreuses nouvelles spécialités peut se lire comme la mise en œuvre d'une stratégie efficace de segmentation et différenciation. Hagstrom décrit ces spécialités comme des « microenvironnements de recherche »,

des « régions fréquemment traversées sur la carte floue que dessine la science » (ibid., p. 93). Gerald Holton (1973) fit sienne cette mécanique de conflits et mobilité subséquente : la compétition et l'intérêt de conduire des recherches inédites ouvre régulièrement de nouveaux terrains de recherche. La croissance scientifique dépendait, selon lui, de trois critères : la mobilité, l'organisation et la pratique du *leapfrogging* [décalage thématique renouvelé] (ibid., p. 407). Il analysait ainsi l'histoire de la physique comme une succession de rebondissements périodiques, d'une spécialité à l'autre, et proposait de mesurer, sur le modèle des courbes de demi-vie, la longévité d'un champ de recherches en fonction de son activité, du nombre d'idées intéressantes restantes, et de celles déjà appliquées (ibid., p. 411).

Tous ces penseurs de l'organisation de la recherche appréhendent le déplacement thématique et la constitution d'une nouvelle spécialité scientifique comme des mouvements stratégiques nécessaires pour exister dans un marché scientifique saturé. Pour certains, comme Richard Whitley (1974) ces « domaines de recherche » constituent alors la structure organisationnelle élémentaire, caractérisée par son degré inhérent d'incertitude et par l'interdépendance des chercheurs qui s'en réclament. Ces deux dépendances, de nature fonctionnelle (selon que les résultats soient ou non cumulatifs) et stratégique (selon que le contrôle des ressources et l'orientation des recherches constituent un enjeu de rivalité ou non), lui permettent, une fois croisées, de distinguer *in fine* des domaines avec des incertitudes techniques et/ou stratégiques. Pour d'autres, comme Joseph Ben-David (Ben-David et Zloczower 1962), les spécialités ne sont qu'un outil stratégique institutionnel : dans un marché académique décentralisé, la création de disciplines biomédicales dans les universités allemandes entre 1860 et 1880 permit ainsi aux petites universités d'attirer des scientifiques prometteurs. La forte compétitivité garantissait que ces nouvelles spécialités seraient partout adoptées, une fois assises dans quelques lieux. Elles constituent donc « un moyen potentiel d'établir une nouvelle identité intellectuelle et en particulier un nouveau rôle professionnel » (Ben-David et R. Collins 1966, p. 452). Cette « hybridation de rôles » repose sur l'association délibérée de méthodes et techniques éprouvées à un nouvel objet. Par des « mécanismes environnementaux », elle peut produire un conflit entre précurseurs, fondateurs et continuateurs.

Stehr et Larson (1972) à partir de données de l'American Sociological Association montrèrent ainsi que seuls les plus jeunes chercheurs ont tendance à investir une nouvelle spécialisation, ce que Reif et Strauss (1965) lient à la résolution rapide de problèmes scientifiques, qui entraîne un manque de communication, et une compétition ouverte. Dans *The Social Process of Innovation : A Study in the Sociology of Science*, Michael J. Mulkey (1972) s'inspire de la littérature sur les échanges sociaux à propos du conformisme pour situer socialement les processus d'innovation (ibid., p. 48) : contrairement à une classe moyenne majoritaire de chercheurs, seuls des individus de haut ou bas statut social porteraient en eux l'irrévérence nécessaire pour se lancer dans une nouvelle spécialité.

Les révolutions scientifiques sont en général initiées soit par des quasi-novices de la re-

cherche, soit par des nouveaux-venus issus d'autres réseaux. Dans ce derniers cas, il s'agit souvent d'hommes dont la réputation était solidement établie dans leur domaine d'origine, et pour qui cette mobilité intellectuelle fut relativement aisée.

Mulkay (1972, p. 53), notre traduction

Mulkay définit ainsi la structure sociale élémentaire des communautés de recherche comme un tissu complexe de réseaux constitués autour de problèmes. Si les disciplines académiques forment un niveau général d'entrée dans le monde de la recherche, très vite les chercheurs se trouveraient en fait confrontés à des savoirs spécialisés, eux-mêmes divisés en « *problem networks* ». Pour lui, comme pour Fleck, un scientifique appartient à plusieurs de ces réseaux, dont il souligne la prépondérance épistémique : « c'est au sein de ces réseaux constitués autour d'un problème que, pour une grande part, le contrôle intellectuel s'exerce, et que de nouvelles idées sont acceptées ou rejetées » (ibid., p. 55). Il insiste aussi sur leur « double instabilité sociale » (ibid., p. 36) : ces réseaux sont éphémères, au point que certains chercheurs pratiquent continuellement le déplacement thématique (ce qu'il nomme « *skimming the milk* ») ; et même au sein de domaines de recherches persistants, les personnels ne cessent de se renouveler.

Ces mécaniques d'émergence et abandon de spécialités, inspirées de logiques économiques de marché ou de trajectoires identitaires et professionnelles d'individus et groupes d'origines sociales diverses, inscrivirent, pour toute une communauté, l'activité scientifique dans le champ d'étude de la sociologie. Mais ainsi atrophiée, pour certains auteurs, de sa dimension intellectuelle.

Immersion pluridimensionnelles au cœur des spécialités

Daryl E. Chubin (1976) identifie un second mouvement de recherches lorsqu'il rendit compte de la « conceptualisation des spécialités scientifiques » :

De cette « seconde génération » de recherches, les spécialités apparaissent comme des unités aux dimensions à la fois sociales et intellectuelles. La dimension sociale représente la taille et la composition du collectif de membres d'une spécialité, la dimension intellectuelle la portée et les problèmes au cœur de son contenu. L'interaction de ces dimensions définit un ensemble de relations dont l'évolution, une fois reconnue (par ses participants ou par d'autres), la distingue du reste de la science.

Chubin (ibid., p. 451), notre traduction

Deux auteurs en sont à l'origine : Diana Crane et Nicholas C. Mullins. Pour eux, une sociologie de l'activité scientifique ne pouvait faire l'impasse sur les dimensions cognitives des processus d'innovation. Ainsi, Crane (1972) s'inspira-t-elle de travaux fondateurs de sociologie de la connaissance et notamment de ceux de Karl Mannheim (1929), selon lesquels le contenu même des idées est dans une certaine mesure influencé par la structure sociale encadrant et permettant leur création. Elle en fit le fondement d'une nouvelle sociologie de la culture. Si son ouvrage s'attache bien évidemment à décrire le concept éponyme de « collège invisible », repris de Price

et Boyle, celui-ci ne constitue pourtant pas pour Diana Crane l'unité fondamentale qui structure l'univers de la recherche : il y favorise seulement la communication.

Nul domaine de recherche n'est complètement isolé d'autres domaines. Des liens sociaux et idéationnels font tenir ensemble les différents segments du savoir et permettent la diffusion d'idées d'un domaine à l'autre, mais de manières si complexes qu'il est difficile d'identifier sans équivoque un domaine de recherche particulier. Même les dénominations que les scientifiques utilisent pour décrire leurs problèmes de recherche changent constamment. [...] Tout ceci conduit à penser que le terme qui décrit le mieux l'organisation sociale d'un ensemble de membres d'un domaine de recherche au complet est le concept de « cercle social » (Kadushin 1966, 1968).

Crane (1972, p. 13), notre traduction

Un domaine de recherche (*research area*) autour d'un même problème constitue pour Crane l'unité épistémologique première, mais son « caractère amorphe » fait obstacle à la délimitation concrète du périmètre de ses membres. C'est donc au concept de cercle social qu'elle fait référence pour décrire un collectif flou de spécialistes travaillant sur un même problème. Décrit par Charles Kadushin (1966), lui-même inspiré par l'œuvre de Georg Simmel (1922), le cercle social, en l'occurrence celui des amis et soutiens de la psychothérapie qu'il repère à New York autour de dix cliniques psychiatriques, se distingue d'autres collectifs (communauté, groupe de fans, marché, tribu, voisinage, clique, gang, salon, manifestation, famille, société de masse, audience de masse, État-nation...) par le croisement de plusieurs caractéristiques. Il s'agit d'un groupe d'individus qui partagent un intérêt commun, aux interactions très denses, mais « indirectes ». Et dont l'environnement, faiblement institutionnalisé, s'organise autour d'un *leadership* informel (Kadushin 1966, p. 791). Diana Crane définit donc clairement « le domaine de recherche comme un cercle social » (Crane 1972, p. 43) et en étudie la connectivité et les réseaux sociométriques à partir de la publication et des pratiques de la citation. Elle développe deux cas d'étude, l'un sur la sociologie rurale et l'autre en algèbre autour de la théorie des groupes finis. Et en conclut que ces domaines sont constitués de deux sous-groupes : l'un de collaboration directe, l'autre sous la forme de réseaux de diffusion et communication, les collègues invisibles.

L'analyse de l'organisation sociale des domaines de recherche scientifique a montré que les cercles sociaux ont des collègues invisibles qui les aident à unifier ces domaines et apportent sens et cohérence à leurs champs. [...] Des éléments centraux sont fortement liés à quelques-uns de leurs associés par des connexions directes, et ils développent une sorte de solidarité, qui est utile pour se forger un moral et maintenir la motivation parmi tous les membres.

Crane (ibid., p. 138), notre traduction

Ces collègues, qui unifient un domaine de recherche, s'apparentent aux groupes de solidarité évoqués par Mullins lors d'une conférence à Boston en 1968 « Les Origines sociales d'un collègue invisible : le groupe des Phage », qui préfigure son « Développement d'une spécialité scientifique » (Mullins 1972). Pour lui aussi, l'hybridation de rôle portée par Ben-David

et Collins (ou tout autre compte-rendu purement organisationnel) ne constitue pas une « interprétation sociologique raisonnable » (Mullins 1972, p. 80) du développement d'un groupe scientifique ou de son échec à se former. Une telle entreprise doit à la fois « analyser les dynamiques de fonctionnement d'un groupe, mais aussi prendre en considération des variables intellectuelles et sociales », avec une grande profondeur historique. C'est en effet au croisement d'activités intellectuelles (le développement d'un paradigme, une problématisation fructueuse et la résolution d'énigmes) et sociales (de la communication, du co-autorat, de la collégialité et de l'apprentissage), que se forment, selon Mullins, des structures spécifiques de collaborations entre membres. Et pour lui, la morphologie de ces structures traduit les étapes successives de constitution et d'institutionnalisation d'un collectif : un paradigme, puis un réseau, un *cluster* et enfin, une spécialité.

La spécialité est un *cluster* institutionnalisé, qui a développé des processus réguliers pour entraîner et recruter des individus dans des rôles, institutionnellement définis comme appartenant à cette spécialité. Les membres connaissent les travaux les uns des autres, même s'ils ne communiquent pas nécessairement entre eux. Ils peuvent partager un paradigme ou un ensemble de jugements à propos du travail qui devrait être conduit dans le champ, même si dans le détail, ceux-ci peuvent différer. La spécialité, en définitive, partage par beaucoup d'aspects les caractéristiques d'une organisation formelle.

Mullins (ibid., p. 74), notre traduction

À la lecture de cet extrait, la spécialité apparaît davantage aboutie et figée, qu'elle ne l'est pour certains penseurs de l'organisation de la recherche ou pour Crane, qui insistent davantage sur son caractère éphémère et qui eux qualifient sous ce terme l'ensemble des étapes de son émergence et déclin, non son paroxysme. Ceci s'explique peut-être par le fait que pour Mullins, s'il faut étudier à la fois les activités intellectuelles et sociales qui font vivre une spécialité, celles-ci ne peuvent être mises sur un pied d'égalité : la structuration du groupe prime ainsi toujours sur l'évanescence des savoirs. Comme il le précise en étudiant la structuration de l'ethnométhodologie : « le développement d'une théorie est toujours précédé dans le temps par un développement social » (Mullins 1973, p. 246) ; ce en quoi il se distingue de Diana Crane, qui privilégiant la dimension culturelle d'émergence des savoirs, affirme que c'est autour d'une littérature en expansion que des groupes sociaux se développent.

De nombreuses publications sur les spécialités succédèrent à celle de Mullins sur le groupe du phage. Dans un élan de méta-réflexivité, certains étudièrent même « l'émergence d'une spécialité scientifique » à travers le « cas auto-exemplaire de la sociologie des sciences » (Cole et Zucherman 1975) ! S'inspirant de ces travaux fondateurs, mais contre cette hiérarchisation, bien plus : contre la possibilité même d'une délimitation des dimensions respectivement sociales et cognitives de l'activité scientifique, se constitua un groupe cohérent, porteur d'un programme de recherche assumé sur les spécialités. Un ouvrage collectif rassembla leurs articles, publiés peu avant dans diverses revues : *Perspectives on the Emergence of Scientific Disciplines* (Lemaine et al. 1976). Ses auteurs s'identifièrent sous l'acronyme de « PAREX », abréviation de

leurs pôles universitaires d'origine : Paris – Sussex. Selon O. Martin (2005), ce groupe un peu oublié partageait pour méthode l'immersion dans l'activité scientifique au point d'en devenir soi-même spécialiste, et pour principe une analyse d'essence pluridimensionnelle. Ainsi, pour David O. Edge et Michael J. Mulkey (1976 ; 1973) la naissance de la radioastronomie ne peut être analysée comme le résultat exclusif de déterminants sociaux, ou cognitifs, ou techniques, ou institutionnels, mais comme une conjonction de ces divers facteurs, étroitement liés. Aucune hiérarchie, ni même identification indépendante de chacune de ces influences n'est alors possible.

Dans l'introduction de l'ouvrage collectif – manifeste précédemment cité (Lemaine et al. 1976), les éditeurs listent les « problèmes dans l'émergence de nouvelles disciplines ». Relatant l'existence d'un « corps de littérature préliminaire qui nous permet de voir le développement intellectuel de domaines de recherche scientifique comme systématiquement lié à des processus sociaux internes à la communauté de recherche » (ibid., p. 5), ils soulignent les limites de cette approche. Pour eux, des « sphères problématiques » se constituent à l'interaction de multiples impulsions : « processus intellectuels internes, processus sociaux internes, facteurs intellectuels externes, contexte institutionnel immédiat, facteurs économiques et politiques spécifiques, influences sociales diffuses » (ibid., p. 13–4). Ces sphères définissent à la fois le taux, la direction et le contenu du développement scientifique d'une spécialité. Parmi « trois modèles du développement scientifique » (Mulkey 1975), les membres du PAREX privilégient en effet celui de la bifurcation (*branching*), en lieu et place du modèle d'une science ouverte et collaborative sans frontières, image d'Épinal relayée par Robert K. Merton (1973) ou Michael Polanyi (1962), ou encore de celui d'une science refermée sur des orthodoxies scientifiques, comme chez Kuhn. La bifurcation schématise un système en trois phases, la première exploratoire, où autour de problèmes mal définis, la communication est difficile, la seconde d'une croissance rapide du champ à la fois sociale et intellectuelle, faisant émerger un consensus scientifique, qui, synonyme de routine et d'épuisement problématique, entraîne la troisième et dernière phase de déclin et désintégration du réseau (Mulkey, Gilbert et Woolgar 1975). Nigel Gilbert souligne à travers l'étude du cas du radar à météores, combien ces bifurcations sont opportunistes : « des liens de communication, qui prennent notamment la forme d'amitiés, de participations à des réunions et d'échanges de papiers, ne s'établissent que lorsque l'un ou l'autre des partis conduit une recherche susceptible de produire de l'information utile » (Gilbert 1976, p. 201).

Hors de cette communauté, Thomas F. Gieryn (1978) rappelle lui aussi qu'« un scientifique fait rarement des choix de carrière aussi lourds de conséquences que lors de la sélection d'un problème de recherche ». Ce que Georges Perec illustra par sa courte biographie imaginaire du chimiste Wehsal ! Gieryn se focalise donc sur les processus de choix, maintien et changement de problématiques de recherche chez les astronomes et astrophysiciens américains, et propose une typologie générique des mécanismes de création d'un contenu scientifique (cf. table 1, p. 30). De ces interventions au niveau de l'unité cognitive élémentaire que constitue un « ensemble de problèmes » (*problem area*), Gieryn définit toute une hiérarchie des structures de savoirs.

TABLE 1 – Modifications d'un ensemble de problèmes selon Gieryn (1978, p. 103)

| Type de changement | Ensemble de problèmes à t_1 | Ensemble de problèmes à t_2 |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Duplication | abc | abc |
| Accrétion | abc | abcd |
| Substitution sélective | abc | abd |
| Migration | abc | def |
| Désengagement sélectif | abc | ab |
| Retrait de la recherche | abc | |

Un ensemble de problèmes est défini comme le savoir validé et les questions légitimes associées à un objet d'étude indépendant ou à des méthodes instrumentales d'enquête. Un ensemble de problèmes est constitué d'un petit nombre de problèmes liés mais distincts, et un petit nombre d'ensembles de problèmes constituent une spécialité. Une « discipline scientifique » est définie comme un ensemble de spécialités liées. Un exemple hypothétique en astronomie illustre cette hiérarchie analytique d'unités de structures cognitives : « Déterminer la composition de l'atmosphère de Mars » est un problème scientifique ; il fait partie de l'ensemble des problèmes peut-être nommé « Les problèmes astronomiques de Mars », qui à son tour est l'un des quelques ensembles de problèmes qui constituent la spécialité « Astronomie planétaire ». Le terme de spécialité décrit ici une unité de structures cognitives, bien que les sociologues des sciences l'aient aussi employé pour décrire une unité d'organisation sociale de la science.

Gieryn (1978, p. 97), notre traduction

Cette classification très propre à partir d'un « exemple hypothétique », certes présentée comme « analytique », ne représente pas de périmètres concrets d'ensembles de connaissances. En quoi le problème scientifique « Déterminer la composition de l'atmosphère de Mars » appartiendrait-il davantage à l'ensemble « des problèmes astronomiques de Mars », qu'à celui, disons, de la composition atmosphérique des planètes telluriques ? Aussi, pour les membres du PAREX, la coexistence de nombreuses spécialités, à des stades différents de développement, dessine l'ensemble de la communauté de recherche sous la forme d'un entrelacs complexe de savoirs, chercheurs et problèmes :

La communauté de recherche est composée d'un nombre croissant de réseaux de relativement petite échelle, qui coupent au travers des frontières formelles qui divisent la science en disciplines et spécialités. Il y a des preuves claires que l'appartenance à ces réseaux se chevauche considérablement, que les participants bougent continuellement d'une aire de problèmes et son réseau associé à une autre, et que les réseaux de recherche passent par un processus continu de croissance, déclin et dissolution. Cette caractérisation de la communauté de recherche comme un entrelacs fluide et amorphe de relations sociales [...] a d'importantes implications pour la manière dont nous conceptualisons le développement intellectuel dans la science.

Mulkay (1975, p. 523), notre traduction

L'enjeu au cœur de cette nouvelle conceptualisation du développement de la science, identifié par Karl Mannheim, réinvesti par Diana Crane puis par toute une communauté de recherche est le suivant : peut-on parvenir à « prouver que des facteurs sociaux, qu'ils soient internes ou externes, façonnent réellement le *contenu* des idées scientifiques » (Lemaine et al. 1976, p. 16) ? En effet, si des analyses organisationnelles ont collectivement réussi à rendre compte du taux et de la direction du développement d'une spécialité par l'étude de processus sociaux, la définition conjointe de son contenu résiste encore et toujours aux sociologues. Gérard Lemaine et ses collègues nous préviennent d'ailleurs modestement : « selon nous, aucune [des découvertes empiriques issues des études de cas] contenues dans ce volume ou ailleurs, ne démontre univoquement l'effet d'influences sociales sur le contenu de la pensée scientifique » (ibid., p. 15).

Quelques remarques sur les caractéristiques des domaines, au regard des spécialités

S'il ne fournit pas la clef du problème, John Law (1973), dans ce même ouvrage collectif, propose un programme d'étude propice à sa résolution. Il fait lui aussi le constat que Mullins, en décrivant l'évolution des caractéristiques de réseaux, se prononce peu sur le développement des idées mêmes. Les auteurs qui s'y employèrent, tel Kuhn, se bornaient, eux, à distinguer des problèmes acceptables par une spécialité, de ceux qui ne l'étaient pas. Or, pour Law, un problème peut aussi être décrit selon son importance, son urgence : comme « hautement privilégié » ou non. Si seules des interactions collectives internes aux membres d'une spécialité permettent de juger de la compétence d'un acteur donné à résoudre un problème ou d'évaluer la difficulté dudit problème, c'est en interaction avec des cercles plus larges, de non-membres, que la distinction d'une tâche comme hautement privilégiée ou non peut advenir. Tout en décloisonnant les études sur les spécialités, Law reste flou sur la profondeur des failles qu'il ouvre : ces non-membres influents sont-ils d'autres scientifiques issus de spécialités connexes ou ces interactions débordent-elles le champ professionnel de l'activité scientifique⁴ ? Il en vient à distinguer trois types de spécialités. Les deux premières, les spécialités basées sur une technique ou des méthodes (dont la cristallographie à rayons X qu'il étudia était un exemple), et les spécialités basées sur une théorie et le partage d'un formalisme, « constituent des communautés sur la base d'une solidarité mécanique », alors que le troisième type, les spécialités autour d'une thématique (*subject matter specialties*) « émergent sur la base d'une solidarité organique » (ibid., p. 147). En mobilisant ces catégories classiques d'Émile Durkheim (1893), John Law circonscrit le travail sociologique restant à entreprendre :

Nous devons à présent concentrer nos efforts sur la compréhension des processus de négociation qui adviennent dans ces spécialités basées sur un problème. Sous quelles conditions de telles négociations aboutissent-elles avec succès ?

Law (1973, p. 148), notre traduction

4. Non pas par l'identification d'influences sociales, dont le rôle fut établi depuis Merton et confirmé par nombres d'études fidèles au programme fort de David Bloor, mais par la mobilisation de non-scientifiques.

Ce que nous avons jusqu'ici nommé « domaine de recherche » peut s'assimiler à ce troisième type de spécialités décrit et ciblé par John Law, ces collectifs amorphes à la fois sociaux et intellectuels rassemblant divers chercheurs, méthodes, pratiques, théories et savoirs, autour d'une thématique partagée, d'un même sujet. Ce qui intéressait les penseurs des spécialités, y compris ceux du groupe PAREX, c'était que « le développement d'une spécialité peut être vu comme la constitution d'un mouvement d'une base de solidarité organique vers une solidarité d'ordre mécanique » (Law 1974, p. 224). Nous nous intéressons quant à nous exclusivement à cette « première » forme de solidarité. Elle est dite organique car sa cohésion provient de la différenciation et l'interdépendance, en lien avec une division du travail, des tâches et rôles entre individus distincts, aux horizons divers. Autour d'un même domaine de recherche, cohabitent en effet des savoirs et individus issus de formations multiples, mais partageant et entretenant des interactions indirectes en œuvrant autour d'un intérêt commun, à la manière d'un cercle social décrit par Charles Kadushin et repris par Diana Crane. Il ne s'agit pas d'une solidarité mécanique, par similitude. Aussi, le domaine recouvre un spectre plus large que la spécialité : ce n'est pas un unique problème de recherche, ni même plusieurs entrelacés, qui rassemble(nt) cette communauté, mais une thématique appelant des traitements différenciés, des travaux sur des objets hétéroclites. Penser le domaine implique de ne plus se conformer au schéma logique et systématique d'une institutionnalisation progressive tel que développé par Mullins, qui imposait d'analyser en termes de succès ou d'échecs, d'étapes, différentes formes de collectifs coexistants. Sortir de l'horizon de la spécialité, tout en prenant en compte les acquis de cette approche et en mettant à l'épreuve de notre domaine d'étude les différentes caractéristiques d'émergence recensées dans cette littérature, rompt un cycle infini de naissances, paroxysmes et déclin. Certes, le modèle de la bifurcation pensait en finesse la coexistence de différents groupes très inégalement institutionnalisés : il en faisait même son moteur ! Mais il n'allait pas jusqu'à concevoir qu'un cadre épistémologique puisse durablement reposer sur une structuration lacunaire. Dans cette thèse, nous proposerons d'analyser non pas ce stade, mais bien cette forme collective à la solidarité organique, éphémère ou non, que constitue un domaine de recherche.

Un autre apport de l'étude des spécialités à notre travail concerne les méthodes d'enquête et d'analyse. John Law (ibid.) pose des conditions méthodologiques et théoriques critiques à la preuve d'une influence réciproque entre structuration sociale et développement d'un contenu intellectuel. Soulignant la réflexivité, l'intentionnalité et l'indépassable énonciation contextuelle des discours d'acteurs que rencontre l'enquêteur, il met en exergue la variété des compte-rendus que les sociologues des sciences peuvent en tirer, en fonction du type d'interactions que ceux-ci choisissent de suivre. Ainsi, son propre travail sur la cristallographie aux rayons X ne représente selon lui qu'un type « particulier » de compte-rendu, basé sur une étude des croyances scientifiques au travers d'une littérature sous forme d'articles ; il incite à varier les points de vues, décrire différents modes d'interaction entre acteurs. Il appelle aussi à ne pas imposer des visions de l'ordre social par des termes (« science » ou encore « spécialité »), qui ne sont peut-être

pas ceux des acteurs, et est en cela rejoint par Steve W. Woolgar (1976), qui s'interroge sur la distinction entre l'identification et la définition d'un collectif scientifique. À partir de l'étude de réseaux de recherche sur les pulsars, celui-ci propose de mêler des critères d'identification basés sur le contenu de la littérature scientifique, à d'autres se reposant sur le regard porté par les scientifiques eux-mêmes, sur leurs relations sociales et intellectuelles. Ce que John Law résume ainsi :

Dans la mesure où nous en sommes réduits à supposer que les acteurs sont en permanence occupés à refaire leurs mondes et en fournir de nouveaux compte-rendus au travers de catégories nouvelles, toute théorie que nous élaborons se doit, autant que faire se peut, d'être limitée à la seule description, et éviter toute prescription.

Law (1974, p. 230), notre traduction

Ces principes descriptifs – varier les angles et points de vue, rendre compte de dynamiques et non de situations statiques, analyser de manière « compréhensive » les acteurs, leurs actions et leurs propres conceptualisations – sont au cœur de la méthode sociologique que nous proposons de développer pour étudier la notion de domaine de recherche (cf. p. 44). Pour les auteurs en étude des sciences et des techniques des années 1980, ils impliquaient et conduisirent à abandonner l'attention portée aux cadres – et à la sociologie – des connaissances.

A.3 Éclipse et réappropriations des cadres de connaissances

Nous ne voulons ni ne pouvons ici relater une histoire de l'évolution, des tournants et disputes de la sociologie des sciences et des *science studies* sur les trois dernières décennies. Mais, alors que nous entreprenons un travail qui s'apparente *a priori* à une étude en sociologie des connaissances scientifiques, il est important de comprendre les griefs qu'une nouvelle sociologie des sciences et de l'innovation accumula envers cette approche, et que nous partageons. À l'instar de Gilles Klein (2000), nous identifions un mouvement revendiqué de déconstruction des cadres de connaissance, suivi d'initiatives éparses de réhabilitation, sous autant de nouvelles appellations délimitant chacune un périmètre distinct.

La mise en exergue de points aveugles de la sociologie des connaissances

Le texte introductif de l'ouvrage collectif de débats, devenu référence, *Science as Practice and Culture* (Pickering 1992), identifie clairement la transition qu'opérèrent les études sur les sciences et les techniques durant la décennie 1980 : « *From Science as Knowledge to Science as Practice* ». Pour Andrew Pickering, les analyses de la science-en-tant-que-savoirs n'oubliaient pas de décrire des aspects concrets du travail scientifique, mais les images de la culture et de la pratique scientifiques qu'elles véhiculaient, reflétaient un cadre d'analyse biaisé et restreint.

Comme son nom le suggère, la problématique principale de la sociologie des connaissances scientifiques est celle de la science en tant que savoirs, et sa marque de fabrique

réside en son insistance sur le fait que la connaissance scientifique est, par essence, sociale. [...] Puisque la problématique centrale de [cette] sociologie est celle des connaissances, son premier mouvement est de caractériser la culture technique de la science comme un unique réseau conceptuel. [...] Les concepts, à différents niveaux d'abstraction au sein du dit réseau, sont censés être liés les uns aux autres par des généralisations plus ou moins assurées, et au monde naturel par l'accumulation de cas sous des rubriques aux multiples chapeaux. Quand la culture scientifique est ainsi définie, une image de la pratique scientifique en découle : la pratique consisterait en une extension créative du réseau conceptuel, pour s'adapter à des circonstances nouvelles.

Pickering (1992, p. 3–4), notre traduction

Selon Pickering, la sociologie des connaissances scientifiques suivait une logique mise au jour par Ludwig Wittgenstein (1953) et Thomas S. Kuhn : sur le modèle du langage, un réseau conceptuel s'étendrait à l'infini, au moyen d'un processus de modélisation et analogie. Dans ce système, les connaissances scientifiques sont, au sens strict, instrumentalisées : c'est à l'aune des seuls intérêts des acteurs, de leur *agency*, que se mesurerait la pertinence du développement de nouveaux savoirs, et leur pratique expérimentale associée. Ce répertoire analytique, de par sa définition, serait donc peu adapté à rendre compte de la pratique scientifique.

La sociologie des connaissances scientifiques n'offre tout simplement pas l'appareil conceptuel nécessaire pour saisir la richesse de la science en train de se faire, le travail dense qui consiste à construire des instruments, monter, faire tourner et interpréter des expériences, élaborer des théories, négocier avec les managers et tutelles d'un laboratoire, les revues, les agences qui financent, *etc.*... Décrire la pratique comme ouverte et intéressée, cela revient, au mieux, à l'effleurer en surface.

Pickering (1992, p. 5), notre traduction

Ce sont les célèbres études de laboratoire (Knorr-Cetina 1981 ; Latour et Woolgar 1979 ; Lynch 1985), qui, les premières, tentent de renverser ce raisonnement. L'observation ethnographique du travail quotidien à la paillasse, dans le laboratoire et en dehors, deviennent le point de départ des descriptions de l'activité scientifique. En opérant ce salutaire rééquilibrage, ces ethnographes délaissent l'attention portée aux cadres de connaissance. Ces catégories ne sont pas tant perçues comme nominalistes, que comme secondes : elles deviennent une extension de la pratique, et donc du laboratoire, au-delà de ses murs. Timothy Lenoir (1997), dans un chapitre intitulé « *The Discipline of Nature and the Nature of Disciplines* », met en exergue cette assimilation :

Si on le leur demandait, une majorité de scientifiques dirait travailler sur des problèmes. Quasiment aucun d'entre eux ou elles ne se conçoit en train d'œuvrer sur une discipline. Bruno Latour, cependant, nous met en garde contre le fait d'établir une distinction entre le travail de recherche et le travail disciplinaire [...]. Selon Latour, afin de forcer la reconnaissance de leurs productions, les scientifiques doivent, en fin de compte, s'engager à transformer les mondes hors du laboratoire.

Lenoir (*ibid.*, p. 53), notre traduction

C'est, en effet, à travers un processus de « laboratorisation » d'une ferme devenue « expérimentale » à Pouilly-le-Fort que Pasteur parvint à convaincre tout un parterre scientifique, politique

et médiatique de l'efficacité de ses vaccins, selon Latour (1983). La discipline de Pasteur doit s'entendre non comme un ensemble de savoirs, mais comme une lutte : il discipline le monde qui l'entoure pour y faire exister les microbes, la bactériologie se transformant en même temps que, et avec, la société (Latour 1984b). Cette conception de l'innovation développée par Bruno Latour, Michel Callon, Madeleine Akrich et John Law notamment, et qui prendra pour noms et formes une sociologie de la traduction (Akrich, Callon et Latour 2006) ou une théorie de l'acteur-réseau (Latour 2005), se fonde sur l'analyse de la science « en action » (Latour 1987) : des échanges de littérature, des interactions expérimentales, en passant par les discussions en laboratoire, jusqu'en dehors de ses murs au travers de partenariats et grâce à des porte-paroles, ce sont des réseaux courts, puis de plus en plus larges qu'il faut mobiliser pour suivre les acteurs. Cette démarche, aux antipodes de l'approche internaliste centrée sur une « spécialité » scientifique, pense en même temps le « laboratoire restreint et le laboratoire étendu » (Callon 1988).

Mettre l'accent sur les réseaux, c'est tout d'abord suggérer une certaine temporalité du travail scientifique ou, plus exactement, relever les conditions qui doivent être réunies avant même que ne commence l'investigation scientifique.

Callon (ibid., p. 24)

En étudiant la « protohistoire » (chap. 2), « les réseaux » (chap. 3), puis enfin « l'agonie d'un laboratoire » (ibid., chap. 5), Michel Callon et John Law en déduisent que « la construction des faits scientifiques *dans le laboratoire* est indissociable de la stratégie du laboratoire *au sein des réseaux* qu'il gère » (ibid., p. 178). Les réseaux sont solidaires de la fabrication et diffusion d'un nouveau fait scientifique. Michel Callon en veut pour preuve l'échec du laboratoire de Beauregard à faire exister les PPO, un type de pile à combustible, qui constitue aujourd'hui un domaine à la frontière, et parfois inclus dans, les recherches sur les bioénergies. Le directeur du laboratoire, pris entre deux équipes concurrentes au sein de son propre collectif, n'a pas réussi à maintenir des réseaux (une chaîne de traductions) entre son objet (l'électrode monotubulaire), leur domaine de recherche (les piles à combustible), et les intérêts énergétiques du pays.

Critiquant aussi, avec virulence, la sociologie des connaissances attachée à l'étude de spécialités, Karin D. Knorr-Cetina (1982) propose de leur substituer des arènes d'action « transépistémiques ». Elle écarte le terme de communauté scientifique, renvoyant selon elle à des abstractions sociologiques, basées sur des modèles quasi-économiques de la science « naïvement internalistes et fonctionnalistes » :

Il apparaît que le travail scientifique est inséré dans des contextures qui, par nature et nécessité, outrepassent les domaines spécialisés sous lesquels les comptables de la vie scientifique classifieraient un travail ou une œuvre. Paradoxalement, c'est le travail interne de la science qui démontre que l'internalisme qui vient de paire avec notre intérêt porté aux communautés scientifiques ou aux champs spécialisés, doit en fin de compte être rejeté.

Knorr-Cetina (ibid., p. 126), notre traduction

Ces arènes, elle les définit comme des mélanges de « personnes et arguments qui ne se réduisent pas naturellement à des catégories relatives à la “science”, la “spécialité”, et une catégorie d’affaires “autres” » (Knorr-Cetina 1982, p. 117). Proposer une telle description en termes d’arènes ou de réseaux, c’est affirmer que des cadres, des structures sociales prédéfinies, ne préexistent pas à la fabrique des connaissances, mais qu’ils se co-construisent : il s’agit d’un travail. Si l’établissement de frontières entre spécialités constituait un sujet de discussion entre sociologues de la connaissance, ils omettaient d’analyser le travail continu de délimitation entre science et non-science entrepris continuellement par les scientifiques, et que mit au jour Thomas F. Gieryn (1983). Ce dernier révéla un style rhétorique scientifique singulier, celui du faire-valoir : si le lecteur apprécie Holmes dans son contraste à Watson, le spécialiste (entendu non plus comme le scientifique qui se consacre pointilleusement à un sujet précisément délimité et distinct d’autres travaux, mais comme l’expert face aux profanes) doit aussi sa reconnaissance au travail d’érection de frontières qu’il entreprend pour distinguer science et non-science (ibid., p. 791). Cette ressource professionnelle opère à de multiples niveaux.

Parce que l’expansion, la monopolisation et la protection de l’autonomie constituent des caractéristiques génériques de la « professionnalisation », il n’est pas surprenant de retrouver le style du *boundary work* dans l’idéologie des artistes, artisans (Becker 1978) et des médecins (Freidson 1970 ; Starr 1982). L’utilité du *boundary work* n’est pas limitée à la démarcation de la science, de la non-science. Le même style rhétorique est sans aucun doute utile pour démarquer des idéologies et des disciplines, des spécialités ou des orientations théoriques *au sein même* de la science. L’étude récente de la biochimie par Kohler note ainsi : « Les disciplines sont des institutions politiques qui démarquent des aires de territoire académique, allouent des privilèges et des responsabilités d’expertise, et structurent des revendications sur les ressources » (Kohler 1982).

Gieryn (1983, p. 792), notre traduction

Ces tournants dans l’étude des sciences et des techniques opérés durant la décennie 1980 autour de la pratique, des réseaux et du travail de frontières ne consistèrent donc pas en un abandon de la question des connaissances, ils signalaient son incorporation à une analyse intégrée de l’innovation scientifique, qui, partant de la pratique, ne se limite pas à décrire des jeux sociaux restreints autour de l’interaction de quelques collectifs de savants.

Il n’est pas question pour nous de revenir sur les acquis essentiels de ces sociologies, qui permirent d’outrepasser une perspective uniquement internaliste (ou d’ailleurs externaliste, dans leur critique associée du programme fort). Nous constatons cependant qu’elles ont créé un appel d’air, et que nombre d’auteurs ont depuis cherché à identifier des formes d’ensembles de savoirs–pratiques–individus co-construits autour de et avec des sociétés particulières : les descriptions empiriques et théoriques de ces nouveaux cadres impliquant des connaissances se sont multipliés, sans constituer pour autant un programme commun de recherche.

La réhabilitation d'anciens cadres de connaissance, l'émergence de nouveaux

Tout en tirant parti de ces acquis nouveaux, certains auteurs furent moins critiques envers la sociologie des connaissances ; leurs propres travaux intégrèrent et prolongèrent une réflexion sur ses cadres. La spécialité, toutefois, apparaissait comme un cadrage totalement dépassé, alors que s'amorçait un retour en force des disciplines. Dans une logique très institutionnaliste, Timothy Lenoir (1997) propose ainsi d'analyser la « production culturelle des disciplines scientifiques » ; des disciplines non plus « abstraites, théoriques et non incarnées, [...] mais vues comme] des sites de coordination et incarnation de compétences » (ibid., p. 2). Soulignant la sympathie qu'il porte aux récents développements des *science studies*, Lenoir souhaite néanmoins réinvestir, « ressusciter » certaines recherches, portant notamment sur la formation. Sa perspective s'inscrit cependant davantage encore dans celle de la théorie des champs, et notamment bien sûr du champ scientifique, de Pierre Bourdieu (2001). Or, comme le rappelle Jean-Michel Berthelot :

La notion de champ, pour désigner un tel domaine d'activité [scientifique], est d'autant plus en discussion que Pierre Bourdieu en a fait un usage que l'on peut qualifier d'inflationniste. Toute sphère d'activité est, selon lui, susceptible de constituer un champ et d'être par là même soumise à des lois générales identiques, de structuration et de fonctionnement, réfléchissant en son sein et selon ses enjeux propres, l'opposition sociale générique entre dominants et dominés.

Berthelot, O. Martin et Collinet (2005, p. 263)

Mais, pour Lenoir, les tensions disciplinaires se subsument en des luttes de définition de frontières d'un champ culturel, de « légitimation et consécration de nouvelles formes de prestige culturel et d'autorité, pour réévaluer une forme de capital précédemment considérée comme "impure", et la sécuriser dans une structure institutionnelle » (Lenoir 1997, p. 12). Il distingue donc – en s'opposant à Latour – le travail et les luttes politiques qui ont pour cadre le travail de recherche, de ceux qui interviennent dans le cadre d'une construction disciplinaire.

Les programmes disciplinaires sont d'orientation fondamentalement institutionnelle. [...] Bien que non moins politiques, les programmes de recherche [...] sont moins caractérisés par leur intérêt à organiser la société que par leur attention exclusivement orientée vers des problèmes. [...] Les constructeurs de disciplines s'appuient sur les programmes de recherche, qu'ils emploient comme ressource politique à des fins institutionnelles. Une fois que l'on a compris cela, il apparaît clair que les disciplines ne se résument pas nécessairement à des *success stories* de théories ou programmes de recherche particulièrement puissants.

Lenoir (ibid., p. 55), notre traduction

Robert E. Kohler (1982) avait déjà proposé d'étudier les sciences, dans leurs infrastructures, comme des institutions. Si les disciplines fournissaient alors trop souvent encore le prétexte à des descriptions de connaissances sous la forme d'histoires naturelles, il prône quant à lui d'en faire un cadre « d'analyses des évolutions et perpétuations de formes sociales » (ibid., p. 1). Son emploi du terme est plus souple que ses acceptions passées purent porter : il étudie dans cet

ouvrage l'émergence de la biochimie, spécialité aux frontières de la biologie et de la chimie, dont nous verrons qu'une part importante des travaux sur les bioénergies se réclament.

Les disciplines ne constituent pas des communautés homogènes, consensuelles. Elles consistent en divers segments, souvent identifiés par des styles concurrentiels ou des programmes.

Kohler (1982, p. 7), notre traduction

Ainsi, les caractéristiques d'une autre science naissante, la génétique, peuvent être comprises à travers l'étude de son développement spécifique, au sein d'un collectif exceptionnel – le *Fly group* (Kohler 1994). La structure sociale unique de collaboration entre ses membres et avec leur réseau élargi (fondant une économie morale), les propriétés reproductives des générations de drosophiles, à la fois objets et instruments progressivement standardisés de l'investigation scientifique, mais aussi le caractère novateur dans la représentation et la pratique d'une nouvelle « cartographie », constituent autant de marqueurs singuliers, qui de fait singularisent un style, une discipline nouvelle. D'autres groupes, liés à des pratiques, instruments et formant des institutions singulières, la transforment ensuite, dans une optique concurrentielle.

Selon le principe, convergent, d'inversion infrastructurelle (Bowker 1994), Adele E. Clarke et Joan H. Fujimura réunissent au sein d'un ouvrage collectif (Clarke et Fujimura 1992), des études qui se proposent de raconter l'histoire de la biologie d'une façon totalement inédite : à partir des matériaux et de la pratique des instruments qui contraignent et permettent en même temps la recherche et la production scientifique. Pour analyser comment une science de la reproduction a pu naître (Clarke 1998) à partir de l'étude d'hormones reproductives, il faut comprendre comment celles-ci ont été auparavant isolées. Cela implique notamment de trouver comment faire pour qu'une vache produise à la demande, et ce de façon régulière, des dizaines de litres d'urine. Ainsi que l'indiquent Geoffrey C. Bowker et Susan L. Star, soulignant les bénéfices de l'approche de Clarke :

Une représentation singulièrement différente des tâches d'un laboratoire de biologie émerge de cette image. [...] La chaîne logistique, les techniques et les méthodes de traitement des animaux ont dû être inventées avec le cadre conceptuel de la biologie : elles ne sont pas fortuites, mais en sont constitutives.

Bowker et Star (1999, p. 36), notre traduction

Cette perspective, qui dans le prolongement des ethnographies de laboratoire, souligne la contingence du développement, dans la pratique, de toute nouvelle production de connaissances, entraîne un questionnement relatif à l'incommensurabilité de différentes sciences, disciplines, ou même spécialités. C'est l'unité même de « la science » qui est alors remise en cause, au profit de l'étude « des sciences ». Karin D. Knorr-Cetina (1999) porte l'estocade finale en mettant en avant des cultures épistémiques, « ces amalgames d'arrangements et mécanismes – liés au travers d'affinités, nécessités, et contingences historiques – qui, dans un champ donné, déterminent la manière dont nous savons ce que nous savons » (ibid., p. 1). Ces cultures, qui créent

et garantissent les connaissances, composent un cadre nouveau, qui peut toutefois rappeler le *Denkstil*, style de pensée que Ludwik Fleck présumait derrière tout collectif créatif.

L'idée de cultures reliées aux connaissances n'appartient pas à notre vocabulaire commun ; dans le passé, des termes tels que discipline ou spécialité scientifique ont semblé capturer la différenciation des connaissances. [...] Ces termes différenciant que nous avons utilisés dans le passé n'étaient pas conçus pour rendre visible la texture complexe des savoirs pratiqués dans les espaces profondément sociaux des institutions modernes. Pour faire ressortir cette texture, il est nécessaire de magnifier l'espace de la connaissance-en-action, plutôt que de se contenter d'observer des disciplines ou des spécialités comme des structures organisationnelles.

Knorr-Cetina (ibid., p. 2), notre traduction

À quel périmètre renvoie alors une culture épistémique ? Autour de ce nouveau référent épistémologique, comment les autres cadres de connaissances se positionnent-ils ? Après avoir distingué, avec précision et arguments, son propre concept d'unités obsolètes – la discipline ou la spécialité –, Knorr-Cetina rabat aussitôt l'étude empirique de deux de ces cultures, sur deux sciences classiquement identifiées – la physique des hautes énergies et la biologie moléculaire – et même, *in fine*, sur deux disciplines depuis longtemps installées, la physique et la biologie. Nous aurons à cœur, plus avant, de questionner cette parfaite superposition en cherchant notamment à définir la place qu'occuperait un domaine de recherche dans ce système. Quoi qu'il en soit, si les sciences correspondent à des cultures incommensurables et définies par la pratique locale, comment un dialogue peut-il s'installer entre de telles monades ?

Peter Galison (1997), partant du principe que même une spécialité, à l'intérieur de la physique par exemple, ne peut être considérée comme une communauté homogène, définit, dans la tradition anthropologique, des zones d'échanges (*trading zones*), au sein desquelles « deux groupes peuvent s'accorder sur des règles d'échange même s'ils attachent des significations totalement différentes aux objets de l'échange » (ibid., p. 783), sur le modèle véhiculaire de ce que le sabir (*pidgin*) est au langage.

Au lieu de considérer les laboratoires simplement comme des endroits qui génèrent de l'information expérimentale et des stratégies, je m'intéresse au lieu – en partie symbolique et en partie spatial – où prennent place la coordination locale entre des croyances, et l'action. C'est un domaine que j'appelle la zone d'échanges.

Galison (ibid., p. 784), notre traduction

Différents groupes peuvent alors maintenir leur caractère distinct, mais cependant coordonner leurs approches autour de pratiques spécifiques. Dans un ouvrage collectif bien postérieur (Gorman 2010) revisitant ce concept, H. M. Collins, Evans et Gorman (2010) localisent dans une de ces zones d'échanges une expérience singulière de socialisation linguistique réussie, « l'expertise interactionnelle ». Proposant un modèle général, ils distinguent deux cadres collaboratifs : des domaines homogènes où un « interlangage » s'est développé – ils citent le cas

de la biochimie et des nanosciences –, et des domaines hétérogènes, fractionnés, où une expertise interactionnelle (le versant linguistique) et des objet-frontières (Star et Griesemer 1989, le versant matériel) sont indispensables au dialogue, et s’y développent donc.

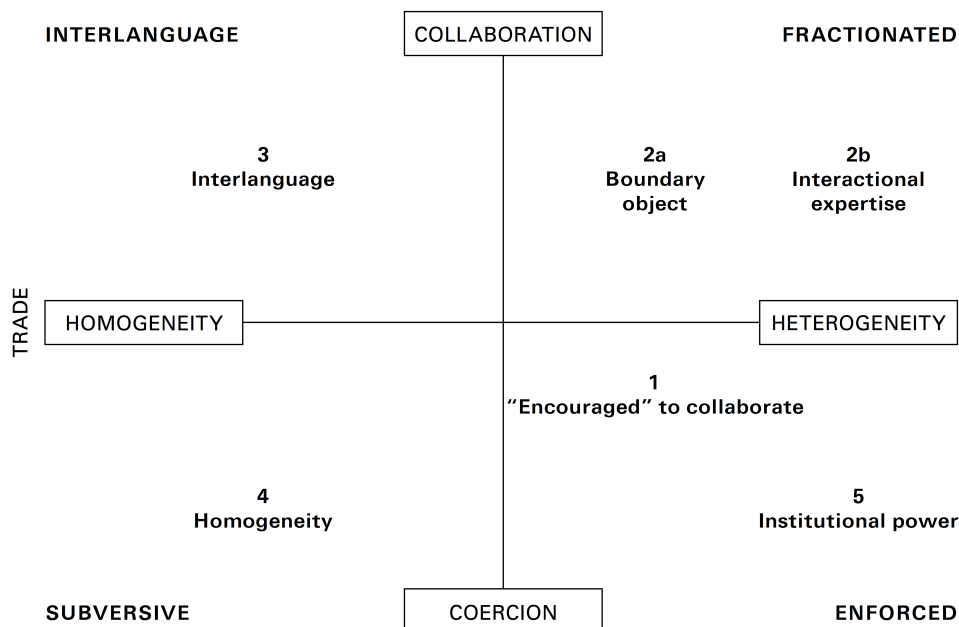


FIGURE 1 – Évolution d’une zone d’échanges selon H. M. Collins, Evans et Gorman (2010)

Quant à Peter Galison, il note :

Ce qui constitue un travail d’échange aujourd’hui, pourrait bien en venir à constituer les piliers disciplinaires de demain : la science est toujours en flux, pas seulement dans ses résultats, mais dans les contours mêmes de ses disciplines.

Galison (2010, p. 33), notre traduction

Le modèle des zones d’échanges et de l’expertise interactionnelle est en effet dynamique : la figure 1 représente la trajectoire prototypique d’un corps de connaissances. Même si ses auteurs signalent prudemment la contingence de telles transformations, et de cet ordre d’évolution, ils se conforment à la logique progressive héritée de Mullins, de consolidation d’un collectif jusqu’à parvenir à son institutionnalisation. Pour atteindre une homogénéité ou ne serait-ce qu’un langage commun, le passage par une zone d’échanges *fractionnée* est bien capital : Collins, Evans et Gorman incitent donc à financer généreusement ces espaces où la prise de risques est forte, mais qui sont aujourd’hui si « centraux pour la majorité des collaborations modernes ».

Berthelot, O. Martin et Collinet (2005), en retraçant le développement des études sur les sciences en France, affichent l’objectif d’« apporter une contribution à une théorie sociologique des champs scientifiques et de leur dispositif de connaissance ». Ils soulignent que le discours scientifique s’accompagne souvent d’« une sorte de commentaire, préliminaire ou parallèle » (ibid., p. 2), que Gaston Bachelard (1938) théorisait comme un permanent retour critique sur soi.

Le développement massif de la science moderne, cependant, provoque différenciation, autonomisation, spécialisation, interpénétration des disciplines. De la même façon, les discours qui les accompagnent s'organisent en espaces spécifiques et en disciplines nouvelles.

Berthelot, O. Martin et Collinet (2005, p. 3)

Pour mener une analyse « de nature sociologique », ils proposent un cadre compréhensif, wébérien, dans lequel des interactions entre agents tissent une compréhension, des micro-engagements et une représentation au moins partiellement partagés de la réalité de leur activité. Et inscrivent ensuite cette activité dans des processus de différenciation, division du travail, et institutionnalisation. Ils donnent à ce cadre le titre de champ, dans une triple acception : un champ qui « postule l'unité sans en faire un principe téléologique immanent [...], et qui postule la diversité sans s'y perdre » (ibid., p. 15), un champ d'interrelations qui créent une communauté, et un champ « dispositif », rassemblant l'ensemble des éléments qui concourent à la production des connaissances. Ce champ des études des sciences en France existe-t-il réellement ?

Le test, en l'occurrence, est celui de la compréhension, effective et exhaustive, de l'ensemble des éléments sous-jacents à un programme précis. Elle définit la communauté réelle du chercheur, l'ensemble de ceux avec lesquels il peut effectivement échanger. Cette communauté n'est pas virtuelle. Elle existe à travers les publications, les échanges de textes et de notes, la participation à des séminaires communs, l'organisation de sessions ou de publications, et constitue le terreau où naissent les idées, les questions, les projets que tel ou tel mettra en forme.

Berthelot, O. Martin et Collinet (ibid., p. 205)

Cette théorie des champs scientifiques partage en fait beaucoup de caractéristiques des cycles de développement des spécialités scientifiques, tels que les membres du groupe PAREX les pensaient à travers le modèle de la bifurcation. Elle relaie l'attention que John Law (1974) recommandait de porter à une variété de types d'interactions en multipliant les compte-rendus. Mais en postulant la nécessité d'une compréhension mutuelle effective et exhaustive, elle révèle son fort penchant internaliste, focalisé sur la mise au jour de logiques organisationnelles, et isolant dans un dernier chapitre des « déterminants externes » ! Si un tel cadre permet à ses auteurs de dresser une riche et remarquable description du développement des études des sciences et techniques, il les rend cependant prisonnier d'une définition progressiste et institutionnelle de ses dynamiques (« l'on entend par "dynamique" l'aptitude d'un domaine de recherche à se spécifier, à produire et reproduire des institutions nouvelles, à élargir ses activités et ses productions au point de constituer un champ » (Berthelot, O. Martin et Collinet 2005, p. 265)), assez normative.

Les retours sur la question des connaissances ont pris pour objet ce type de champs institutionnalisés, que leurs auteurs ont souvent, à nouveau, nommé des « disciplines ». La résurgence de ce terme, sous une acception plus souple, ne résout pas la lutte entre les tenants d'approches sociologique ou historique sur les structures (Abbott 2001 ; Berthelot, O. Martin et Collinet

2005 ; Boutier, Passeron et Revel 2006 ; Lenoir 1997) et celles sociologique, historique et surtout anthropologique sur les pratiques (Clarke 1998 ; Galison 1997 ; Knorr-Cetina 1999 ; Kohler 1982). Les tournants successifs, majeurs, des études des sciences et des techniques ont mis au jour la nécessité de concentrer l'analyse sociologique sur l'activité de recherche, au détriment de querelles épistémologiques sur la véritable nature de « la science ». Mais ce travail n'a pas été mené à son terme sur le versant des cadres de production des connaissances ; il est temps de détourner la focale des « disciplines », pour mieux penser les domaines.

Une conceptualisation empreinte d'historicité

Le besoin de faire naître des concepts nouveaux pour représenter des corps distincts de connaissances–individus–pratiques, a trouvé sa justification dans l'évolution de leurs caractéristiques au fil des décennies : ces formes seraient nécessairement, intrinsèquement, historiques. L'idée n'est pas nouvelle, et Derek J. de Solla Price par exemple décrivait déjà simultanément une évolution historique des pratiques de publication et citation et une forme organisationnelle spécifique qui lui était liée. Mais certains auteurs théorisèrent et mirent en avant des ruptures chronologiques majeures dans la manière de concevoir et construire des connaissances. Ils « postul[èrent] l'interdépendance des activités humaines et l'existence d'effets systémiques qui saisissent toujours les sciences et les font advenir dans l'histoire » (Pestre 2006, p. 106). Dans un ouvrage très discuté, Gibbons et al. (1994), distinguent ainsi deux modes de production des savoirs. Dans un Mode 1, désintéressé, des savants, compartimentés dans des disciplines fondamentales et étanches, recherchaient à la façon des Parnassiens, la connaissance pour elle-même. La transformation des méthodes de financement aurait conduit des chercheurs, de multiples horizons, à collaborer régulièrement autour de problèmes spécifiques et appliqués, dans un Mode 2 multidisciplinaire. Etzkowitz et Leydesdorff (2000), qui voient dans le Mode 1 une construction idéologique pour justifier l'autonomie de la science (ibid., p. 116), proposent quant à eux d'analyser une « triple hélice » d'interactions entre l'État nation, le monde académique et l'industrie. Des historiens critiquèrent eux aussi cette distinction dichotomique, et identifièrent plus finement divers régimes de production des savoirs (Pestre 2003), régimes de production et diffusion des sciences (Marcovich et Shinn 2012), ou encore façons de connaître (Pickstone 1993, 2001).

Je veux montrer comment des façons de connaître [*ways of knowing*] sont liées à des façons de produire – des façons de faire des choses, ou des façons de soigner et réparer (en agriculture et médecine), ou de défendre et détruire (dans les sciences militaires et les technologies). Je m'intéresse aux manières par lesquelles des savoirs s'incarnent dans des biens ou d'autres produits, comme des nouveaux médicaments ou de nouvelles armes.

Pickstone (2001, p. 3), notre traduction

Nous pouvons cependant remarquer que c'est peut-être davantage l'historiographie – le contexte contemporain à leur énonciation, qui voit notamment l'émergence des biotechnologies et des

technosciences, et le positionnement enthousiaste ou au contraire très critique envers des tournants libéraux et les conséquences d'un *new public management* de leurs auteurs –, que l'histoire, qui justifie nombre de ces théories.

Nous proposons alors de prendre en compte des réflexions de type historiciste, qui, dans un mouvement réflexif, relativisent la validité de notre propre proposition d'étude d'un cadre collectif de connaissances intitulé « domaine de recherche », en ancrant sa « vérité » dans les relations qu'il entretient avec une période historique donnée, mais aussi avec l'état actuel de nos connaissances. Si Kant (1781), dans son introduction à la *Critique de la raison pure*, avait apporté une réponse à la question de savoir comment une science pure de la nature était possible⁵, le grand penseur de l'historicité, Hans-Georg Gadamer (1960), dans la lignée herméneutique philosophique de Friedrich Schleiermacher et Wilhelm Dilthey, cherchait lui à comprendre comment l'expérience historique pouvait devenir science.

Ce qui porte la constitution du monde historique, ce ne sont pas les faits tirés de l'expérience et qui en viendraient ensuite à acquérir une référence axiologique, sa base est au contraire l'historicité interne qui caractérise l'expérience elle-même. [...] Les sciences historiques ne font que continuer à penser ce qui est déjà pensé dans l'expérience de la vie.

Gadamer (ibid., p. 241), traduction P. Fruchon

Nous pensons aussi que c'est en analysant, de manière compréhensive, l'évolution de nos manières d'expérimenter notre rapport aux connaissances – et donc ses cadres –, que cette étude sociologique d'un domaine de recherche peut être féconde. Nous faisons nôtre le point de vue selon lequel « l'historicité cesse d'être une condition qui vient limiter la compréhension, pour devenir une condition de possibilité : nous comprenons *parce que* nous nous tenons dans des traditions et que des questions ou des préjugés historiques nous animent. » (Grondin 2006, p. 572). Ou, comme Ludwik Fleck l'écrivait déjà :

Une théorie de la connaissance ne doit pas considérer l'acte cognitif comme une relation binaire entre le sujet et l'objet, entre celui qui connaît et ce qui est à connaître. Parce qu'il est un facteur fondamental de toute nouvelle connaissance, l'état du savoir du moment doit être le troisième terme de cette relation.

Fleck (1935, p. 72–3), traduction N. Jas

Dans cette perspective, il nous a semblé fructueux de confronter le périmètre du domaine à l'état de l'art que nous clôturons maintenant. Alors qu'une profusion d'ensembles de connaissances furent déjà identifiés et décrits, qu'ils constituent un répertoire analytique partagé, l'on peut s'étonner de l'apparition de ce nouveau cadre. Notre proposition d'étude d'un domaine de recherche s'inscrit ainsi en regard d'une littérature récente. Celle-ci stipule que de nouvelles pratiques managériales de la science (Louvel 2011), mais aussi l'instauration de nouvelles formes

5. À partir de connaissances pures (issues de jugements analytiques *a priori*), de connaissances empiriques (issues de jugements synthétiques *a posteriori*) et théoriques (issues de jugements synthétiques *a priori*).

de financement et d'organisation de l'activité scientifique, ont induit une nouvelle manière spécifique de gérer une recherche, de se forger une carrière, mais aussi de pratiquer la science au quotidien : la « science en projets » (Barrier 2011 ; M. Hubert et Louvel 2012 ; Jouvenet 2011). L'émergence de « domaines de recherche » a partie liée avec ces nouvelles formes : ils constituent notamment les périmètres d'appels à projets thématiques de l'Agence nationale de la recherche⁶. Quelques auteurs ont récemment, en conséquence, pris pour cadre d'étude des ensembles de connaissances, individus et pratiques proches du domaine. Citons par exemple Brunet et Dubois (2012), qui décrivent l'émergence d'un domaine biomédical de recherche constitué autour des cellules souches embryonnaires humaines, sur un modèle proche de celui des spécialités scientifiques, à partir de l'étude des processus organisationnels de régulation ; Granjou et Barbier (2010, chap. 1) et Granjou, Mauz et Daccache (2013) qui, situent dans l'investissement dans des activités d'expertise l'émergence respective de domaines de recherche sur les maladies à prions, et sur la biodiversité ; ou encore Dominique Vinck (2009), qui s'interroge sur la possibilité d'un domaine de recherche en soins infirmiers, et qui sur la base d'un rapide état de l'art des modes de construction disciplinaire, invite à réfléchir à la constitution d'espaces scientifiques interdisciplinaires.

Qu'implique la prise au sérieux de l'historicité des ensembles de connaissances ? Pour l'historien, l'apport de l'historiographie comme médiation entre l'historien et son objet constitue aujourd'hui une évidence ; mais pour le sociologue, comment entretenir un tel rapport à l'état des savoirs ? De même que l'étude des sciences en action, ou de cultures épistémiques localisées dans des rapports réflexifs à la pratique expérimentale ont salutairement mis à bas le substantialisme de la « Science », nous proposons, par une étude dynamique et compréhensive d'un domaine de recherche comme cadre de production de connaissances, de nous attaquer à celui de la Discipline. Ce qui implique la conception d'une méthodologie adéquate.

B Une étude de domaine : enjeux et méthodes

Notre enquête porte sur un domaine discret et relativement vierge de toute analyse sociologique, les bioénergies. L'étude du développement de cette forme d'énergie issue de la biomasse présente pourtant des intérêts : elle constitue l'une des principales formes d'énergie dites renouvelables ou encore durables ; ses acteurs et leurs jeux d'actions méritent d'être décrits, dans un contexte de forte incitation à conduire une transition énergétique globale, mais aussi de controverses sociales vives. Les objectifs de cette thèse convergent : décrire le style de pensée inhérent à un domaine de recherche particulier est nécessaire à l'appréhension, au-delà des seuls discours et promesses, des modes effectifs de développement d'une innovation (ici la mobilisation à grande échelle de végétaux, microorganismes ou déchets pour produire des biocarburants) et donc *in fine*, à l'évaluation par tout un chacun, de sa pertinence.

6. Parmi ceux-ci, sous le volet des énergies durables, figurent les bioénergies.

Notre méthodologie consiste en la description du cadre dans lequel interagissent des collectifs, des objets, des connaissances autour d'un enjeu social et scientifique identifié. Ce qui n'empêche pas que son existence et sa pertinence soient discutées, sur le fond comme sur ses frontières. Si nous n'avons jusqu'ici proposé que cette définition *a minima* du concept de domaine de recherche, c'est que son emploi fréquent par des acteurs qui l'utilisent sans le questionner, nous conduit à l'interpréter comme ce que Herbert Blumer appelait un « concept sensibilisant ».

Les concepts de notre discipline sont fondamentalement des instruments sensibilisants [*sensitizing*]. Ainsi, je les appelle « concepts sensibilisants » et les mets en contraste avec des concepts définitifs. Un concept définitif renvoie précisément à ce qui est commun au sein d'une classe d'objets, et ce à l'aide d'une définition claire en termes d'attributs, ou de points de repères fixes. Il manque au concept sensibilisant une telle spécification. À la place, il donne à son utilisateur un sentiment général d'allusion et une orientation à l'approche de cas empiriques. Là où les concepts définitifs fournissent des prescriptions quant à ce qu'il faut voir, les concepts sensibilisants ne suggèrent que des directions le long desquelles regarder.

Blumer (1969, p. 147–8), notre traduction

Nous privilégierons alors dans l'écriture une perspective systématiquement dynamique, propice à saisir des mécanismes d'évolution au fil des réorientations opérées, ou le long de l'inscription construite par les acteurs au sein de ce domaine particulier. Restreindre l'étude à un pays en particulier, la France⁷ fait ici particulièrement sens dans la mesure où la question énergétique renvoie à des stratégies, une situation industrielle, des ressources et un réseau de distribution, spécifiquement nationaux. Mais cette singularisation nationale peut aussi s'interpréter comme une caractéristique essentielle d'un domaine, ou d'une « discipline en manque de discipline », comme le soutiennent Geoffrey C. Bowker et Bruno Latour dans une étude consacrée à l'émergence et au développement des études des sciences en France (Bowker et Latour 1987).

Nous ne situerons notre regard ni au niveau englobant de grands régimes de savoirs, ni à celui trop localisé d'une initiative singulière, mais chercherons à rendre compte de l'ensemble des espaces où la thématique des bioénergies est mise en exergue, puis à analyser le rôle joué par cette affiliation dans chacune de ces situations. Ceci implique de concentrer notre attention à différentes échelles, qui mobilisent des approches théoriques diverses et que nous avons choisi de singulariser par chapitre, qui seront au nombre de cinq. Ce type d'ethnographie multi-sites ou multi-située a, dès ses premières descriptions (Marcus 1995), été associé à l'émergence d'« arènes interdisciplinaires⁸ », qui nécessitent de suivre les acteurs, les théories, les métaphores, les intrigues, les vies et les conflits. Dodier et Baszanger (1997), se posant la question de l'évolution du rapport entre totalité culturelle et pratiques de l'ethnologie, distinguèrent eux des ethnographies intégratives, narratives et combinatoires. Cette dernière méthode, chère aux

7. Nous aurons cependant à cœur de présenter ponctuellement des comparaisons, notamment avec certains pays européens et les États-Unis, où nous avons accompli du travail de terrain.

8. Au sein desquels figurent d'ailleurs pour George E. Marcus, les études sur les sciences et les techniques en tant que domaine.

interactionnistes ou aux sociologues de l'action, « en circulant simultanément sur différents terrains, réunit une jurisprudence de cas propre à identifier les différentes formes d'action dans lesquelles les personnes peuvent s'engager, ainsi que leurs combinaisons possibles » (Dodier et Baszanger 1997, p. 38). Si elle a la faveur des auteurs, l'ethnographie combinatoire relance selon eux « la question de l'ancrage des ensembles ainsi constitués », et donc ouvre une réflexion sur le mode d'altérité que crée cette « collection hétéroclite de ressources entre lesquelles les individus doivent se déplacer » (ibid., p. 49). Si les ethnographies intégratives revendiquaient une appartenance chez les populations étudiées, les ethnographies narratives un rapport à l'ipséité de l'ethnographe chez le lecteur, l'ethnographie combinatoire renvoie elle à la « question du faire ». Par l'inventaire, la liste des compétences communes et des actes possibles, elle n'absorbe pas les personnes. Cela « n'implique pas pour autant l'absence de différences de positions entre les personnes, mais ce sont des positions avant tout actantielles, c'est-à-dire définies par les places respectives des personnes lors de rencontres, plutôt que par des appartenances à des totalités » (ibid., p. 56).

Ce regard dynamique sur le mode de développement d'une innovation à de multiples échelles s'inspire aussi de la perspective multi-niveaux développée par Franck Geels (2002) et Geels et Schot (2007), un canevas qui décrit des trajectoires historiques de R&D, mises sur le marché et allers et retours entre le niveau de la niche, celui du régime et un paysage général et contextuel, ou encore plus finement, entre le mille-feuille de couches (acteurs, artefacts, savoirs, organisations, professions et disciplines, institutions, institutions macroscopiques et Histoire) qu'invoque l'écologie des savoirs d'Atsushi Akera (2007). Mais nous ne nous reconnaissons pas dans les compte-rendus linéaires qui résultent de leur emploi du concept de « trajectoire ». C'est en parallèle, sur ces multiples niveaux que nous voulons suivre et voir agir un domaine, à la manière d'Howard S. Becker (1982) qui décrit les *Mondes de l'art* comme les produits d'une action d'essence collective :

Chaque chapitre approche cette idée sous un angle d'attaque légèrement différent, en suggérant les caractéristiques importantes des mondes de l'art, en soulignant comment ils viennent à l'existence et persistent, en notant comment leurs opérations affectent la forme et le contenu d'œuvres d'art, et en réinterprétant des questions traditionnelles d'analyse des arts.

Becker (ibid., p. x), préface de l'auteur, notre traduction

Cette approche en termes de mondes sociaux, qui suppose que la vie sociale s'organise à travers nos engagements dans des activités diverses et variées, a déjà été fructueusement appliquée au domaine scientifique, notamment par Clarke et Fujimura (2007). Pour elles, la sociologie des mondes sociaux constitue un « *package* » théorie/méthode, dans le prolongement des travaux sur la *grounded theory* (Strauss et Corbin 1990) ou encore l'analyse situationnelle (Clarke 2005). Nous ne présenterons donc pas la trajectoire d'une innovation dans son contexte, mais proposons de faire varier les points de vue sur la référence ou l'affiliation à un domaine de recherche identifié autour des bioénergies, ou biocarburants, en situations.

Dans l'analyse situationnelle, les conditions de la situation sont dans la situation. Quelque chose comme un « contexte », cela n'existe pas. Les éléments conditionnels de la situation doivent être spécifiés dans l'analyse de la situation elle-même puisqu'ils en sont constitutifs, pas seulement parce qu'ils l'entoureraient, la cadreraient ou y contribueraient. Ils sont l'analyse.

Clarke et Fujimura (2007, p. 128), notre traduction

Nous nous inscrivons donc pleinement dans cette filiation, qui ne diffère que de degré avec la théorie de l'acteur réseau : « la nature centralisée du pouvoir dans la théorie de l'acteur réseau latourienne est plus française, là où les mondes sociaux, leur pluralisme de perspectives, sont d'inflexion vivement américaine » (ibid., p. 123).

La multiplication des approches – des angles d'attaque, disait Becker – qui est nécessaire pour suivre les évocations et références au domaine des bioénergies dans les multiples espaces où elles éclosent, nous a conduit à enquêter sur des terrains et rassembler des matériaux très divers. L'étude de documents techniques, rapports, archives notamment parlementaires et de manière plus générale la lecture de tous les textes et ouvrages parus sur les biocarburants et leur développement a rempli de nombreuses journées en bibliothèque. Deux vagues d'entretiens sociologiques semi-directifs, en 2009 et 2011, menés auprès d'un total de soixante chercheurs et *managers* de la recherche, nous ont permis de sillonner la France entre laboratoires de recherche et plateformes industrielles de R&D. L'ensemble de ces matériaux, du moins ceux effectivement mobilisés dans l'écriture, est listé en références à la fin de ce manuscrit, sous la rubrique *Sources primaires* (p. 266).

Nous avons aussi observé, parfois de manière participante, de nombreux colloques, séminaires, conférences dédiés aux bioénergies, en France et en Europe. Et rencontré des chercheurs en sciences sociales qui ont pris pour objet les biocarburants aux États-Unis (lors d'un voyage d'étude à Michigan State University) ou en Europe et dans le reste du monde (à l'occasion d'un colloque à la Technische Universiteit Eindhoven). La liste de ces événements qui nous permis de nous familiariser avec les bioénergies et observer des interactions propres à ce domaine, est présentée au sein du chapitre 5, p. 225.

Enfin, nous avons développé une nouvelle méthode quali-quantitative, originale, basée sur la constitution d'une base de données de projets de recherche sur les bioénergies français sur les vingt dernières années, et l'analyse des réseaux de collaboration qu'ils ont tissés. Nous détaillerons au sein du chapitre 2 et ses annexes ce travail, mais nous voulons dès à présent souligner ses apports connexes : renseigner de manière exhaustive l'existence de projets, leurs enjeux techniques, la participation de nombreuses unités et centres de recherche, de centaines de chercheurs et entrepreneurs, nous a apporté une connaissance fine de ce milieu, et une image fidèle de la variété des acteurs et techniques qu'il mobilise. Cela a, par ricochets, enrichi notre appréhension des autres terrains de recherche, sur lesquels nous avons pu mener plus loin des échanges et leur analyse.

En faisant varier les échelles, les méthodes et les espaces d'enquête au fil des chapitres, nous

solliciterons les apports de nombreuses littératures de sociologie des sciences, qui, selon nous, bénéficient d'un usage croisé. Ainsi, notre premier chapitre conte l'histoire de notre objet en s'inspirant de la littérature sur les scripts sociotechniques et le déterminisme technologique. Le deuxième décrit les dynamiques d'un ensemble de recherches du point de vue de la construction sociale des technologies, et du travail narratif et conceptuel de frontières qui l'accompagne. Le chapitre central, épistémologique et ethnographique, questionne en laboratoire, la contribution à la construction des faits scientifiques que permet l'affiliation à des domaines successifs. Le chapitre 4 retrace des trajectoires individuelles à partir de l'analyse biographique, et des conceptualisations réflexives que les acteurs en proposent, en termes de mondes sociaux. Le dernier chapitre s'intéresse à la constitution et l'orientation de communautés scientifiques spécifiques, et mobilise des acquis de la sociologie des professions, de l'expertise, et des agencements.

C Tentative d'épuisement d'un domaine : plan d'ensemble

Le domaine de recherche décrit dans cette thèse s'est organisé autour d'un objet spécifique : les biocarburants. Les caractéristiques de cet objet technique, façonné au cours de l'histoire en fonction de modes de développement différenciés, témoignent d'un rapport singulier aux mondes sociaux où il prit forme, et qu'il transforme. Aussi, le chapitre liminaire (p. 53) retrace l'histoire de cette énergie renouvelable sur le long cours et interroge sa large méconnaissance, alors que sa contribution à la transition vers des énergies dites durables, que l'on s'en réjouisse ou non, est aujourd'hui primordiale. Il mobilise dans cette optique des travaux d'historiens, des archives parlementaires, règlementaires et juridiques et de nombreux entretiens avec des acteurs clefs du domaine.

Alors qu'au cours du XX^e siècle l'éthanol a échoué comme énergie de substitution en Europe, malgré quelques tentatives liées à des contextes de crise (1.1), une forme spécifique de biocarburants a pu émerger de politiques et mobilisations agricoles. Résultat d'une stratégie opérante de développement d'une innovation technologique et son marché qui privilégie son invisibilité, le biodiesel européen (en majorité français) s'est développé comme partie miscible d'un carburant régulier (1.2). Il a ainsi, malgré des controverses d'abord juridiques et économiques, puis planétaires et morales dans la dénonciation de sa concurrence avec l'alimentaire, continué à être massivement et subrepticement produit et consommé. En apparaissant comme un objet toujours en devenir, au stade de recherche et développement (1.3).

Un domaine de recherche peut en effet, *stricto sensu*, se définir comme l'ensemble des opérations de recherches conduites sur une thématique, et reconnues comme telles. Par les dynamiques propres aux univers de R&D, mais aussi dans la manière dont ses acteurs les identifient, classifient et narrent, prend forme une conception singulière de notre monde et ses futurs. Le deuxième chapitre de ce manuscrit (p. 107) interroge ainsi une catégorisation fréquemment mise en avant, celle de « biocarburant de *n*^e génération ». Il met à l'épreuve cette technologie litté-

raire, et dévoile sa dimension performative. En confrontant les discours d'acteurs à une analyse scientométrique originale de l'évolution des projets de recherche sur les bioénergies en France depuis vingt ans, nous identifions les dynamiques que ces compte-rendus « générationnels » décrivent, et celles qu'ils laissent dans l'ombre.

Cette ressource rhétorique est mobilisée par des acteurs en quête d'un vocabulaire commun et simplifié pour dialoguer entre experts d'horizons divers, mais surtout avec leurs tutelles, l'État, les médias et le grand public, à partir de principes intelligibles. Elle n'est évidemment pas neutre, et associée à chaque nouveau cycle de recherche et nouveau numéro de génération technologique, une connotation méliorative. L'idéologie progressiste de développement linéaire d'une technologie qui lui est liée (2.1), sous-tendue par des conceptions naturalistes, prétend à tort rendre compte d'une histoire et d'une logique proprement scientifiques. Ce concept tire aussi sa force d'une autre caractéristique (2.2) : sa capacité à absorber une controverse, en isolant des ensembles de procédés qualifiés d'obsolètes, d'autres, prétendument exempts de tout reproche. Or, cette distinction ne repose pas sur une mesure de l'acuité des réponses apportées par chaque filière aux besoins sociaux ou aux problèmes engendrés par une innovation. Le terme de générations de biocarburants, porté politiquement pour désigner une nouvelle configuration des rapports de force entre acteurs en charge de la conduite de recherches (2.3), traduit l'avènement d'un nouveau cadre d'innovation. Sans rien dire de la pertinence des recherches fort hétéroclites qu'il porte.

Le cadre du « domaine de recherche » ne constituerait-il alors qu'un étiquetage habile, un habillage opportuniste et stratégique déconnecté de la pratique scientifique concrète ? Le troisième chapitre de cette thèse (p. 147) interroge le rôle joué par des affiliations successives à des domaines de recherche distincts, dans les métamorphoses d'un laboratoire, du point de vue de la construction de faits scientifiques nouveaux. Pour ce faire, nous proposons une ethnographie de l'espace réflexif de la discussion collective et interne à un laboratoire de l'INRA aujourd'hui reconnu dans le domaine de la méthanisation de déchets et du biohydrogène, des travaux, pratiques et projets de chacun de ses membres.

À l'échelle de l'expérience et de son analyse, nous montrons que l'émergence de problèmes intéressants et traitables est conditionnée à la fois par une prise de risques dans la conception des protocoles, propice à la rencontre de résistances inattendues, mais aussi par le travail collectif de circonscription du rôle du hasard expérimental dans le déroulé des manipulations et interprétations (3.1), qui permet d'identifier et invite à reproduire un mécanisme épistémique fécond. Cette mécanique participe aux processus d'articulations qu'opère un collectif de laboratoire pour assurer son existence en tant que dispositif (3.2) dont la compréhension réciproque entre ses sous-ensembles constitue un enjeu, et qui s'engage dans la transformation conjointe d'objets et d'équipes de recherche qui s'organisent autour d'eux. Ces métamorphoses d'ensembles de savoirs et pratiques qui se logent dans un laboratoire et le définissent sont essentielles à sa pérennité. La participation à des domaines de recherche émergents constitue un moteur de ces

mutations, auquel les membres du laboratoire ne s'identifient cependant pas (3.3). Elle permet simultanément la production collective de faits scientifiques nouveaux et la valorisation de ceux-ci dans un système relationnel transformé, mais ne s'accompagne pas pour autant de la création d'une culture épistémique en conséquence.

Si l'affiliation à un domaine de recherche joue un rôle épistémique essentiel à l'échelle du laboratoire pour que le collectif de recherche continue, dans la durée, à produire des faits scientifiques au fil de ses métamorphoses, c'est à une autre échelle qu'il faut chercher le sens de cet engagement. Pourquoi des individus choisissent-ils de s'investir dans un domaine émergent ? Le quatrième chapitre (p. 193) s'intéresse aux trajectoires individuelles professionnelles, aux carrières de chercheurs et manager de la recherche et à leurs motivations à s'engager dans un nouveau domaine de recherche, à partir de l'analyse de trajectoires professionnelles et d'entretiens biographiques.

L'émergence d'un domaine de recherche autour des bioénergies s'est en effet révélée constituer un espace de promotion scientifique et professionnelle importante, ce dont témoignent des trajectoires sociales originales (4.1). Elle a fourni l'opportunité, à travers la valorisation de pratiques et compétences techniques, de renverser des logiques de démarcation traditionnelles entre les rôles du savant et du technicien, du chercheur et de l'ingénieur, à travers des reconversions professionnelles opérées autour de valeurs partagées (4.2). Les acteurs de ce nouveau monde mettent donc en avant des discours singuliers sur l'innovation, réflexifs, qui mobilisent notamment – à notre surprise – les acquis de la sociologie des sciences et des techniques (4.3).

Les valeurs partagées par ces acteurs aux trajectoires singulières se réalisent dans les espaces collectifs qu'ils construisent, les communautés qu'ils créent. Le cinquième et dernier chapitre (p. 223) relate l'émergence de ces collectifs spécifiques dédiés aux bioénergies : comités de programmation, de sélection ou d'accompagnement des agences de recherche, plateformes industrielles, conférences annuelles et groupes de recherche, à partir d'enquêtes de terrain dans ces espaces.

Dans un contexte de financement de la recherche qui ne s'opère quasiment plus que de façon fléchée sur des objectifs et thématiques spécifiés, agences et domaines se co-construisent dans un système de création mutuelle de valeurs (5.1). C'est toute une communauté d'experts qui participe, à travers l'exercice interdisciplinaire de la sélection de projets, sans toutefois parvenir à s'accorder sur un système de valeurs, une culture scientifique propre au monde des bioénergies (5.2). Celle-ci est censée prendre acte dans des formes particulières localisées autour d'une structure industrielle et d'instruments que sont les pilotes, plateformes, ou encore « démonstrateurs » de recherche, sous le concept de « bioraffinerie ». Mais le rôle joué par ces agencements est ambigu (5.3).

Une conclusion (p. 249) récapitule les acquis des différents chapitres en les confrontant à la polysémie du terme de domaine. Ce cadre d'analyse, dont nous défendons le nom, est pertinent

et fécond pour étudier aujourd'hui les multiples modes et mondes d'existence d'une innovation et des connaissances qui y sont liées. À partir des résultats de notre enquête, nous proposons une définition du concept de domaine de recherche, et détaillons ses principales caractéristiques. Par la mobilisation, à de multiples échelles, des acquis de diverses traditions de la sociologie de la connaissance, des sciences et des études des sciences et des techniques, nous appelons à dresser un panorama dynamique des multiples domaines qui constituent l'essentiel des interactions entre l'activité professionnelle de chercheurs et nos sociétés.

Chapitre 1

Une énergie miscible : histoire et forme des biocarburants européens

À la suite d'une controverse planétaire survenue en 2007–2008 et mettant aux prises les biocarburants avec diverses accusations, notamment de concurrence alimentaire, certains acteurs du monde des bioénergies appellent aujourd'hui à ce que des études sur « l'acceptabilité sociale » des filières de production futures – encore à l'état de pilotes – soient entreprises. C'est à ce titre que des sociologues pourraient, selon eux, participer à l'accumulation de connaissances du domaine et contribuer ainsi au développement technologique de ces énergies renouvelables. Le directeur du programme bioénergies de l'Agence nationale de la recherche, alors qu'il souhaitait ouvrir son dispositif de financement à des travaux de recherche à dimension sociale, soulignait cependant « qu'[il a] compris ne pas pouvoir appeler cela “acceptabilité”, sous peine de voir fuir tous les sociologues potentiellement intéressés ! ». ¹ Travailler en sciences sociales sur « l'acceptabilité sociale » d'une technologie éveille en effet chez ces derniers la crainte d'une instrumentalisation, si cette mobilisation consiste à faire accepter par des publics concernés – ou *a minima* ne pas contester – des projets industriels ou de R&D qui, par ailleurs, financent leurs propres études. Si la conduite de tels travaux « d'acceptabilité » accompagnant la recherche en action est peut-être souhaitable, elle ne peut s'exonérer d'analyses concernant l'histoire, les processus de choix et les modalités critiques retenues lors du développement de ces technologies et des filières de production associées. Ce sont ces préalables que nous nous proposons d'étudier au cours de ce premier chapitre.

Cet agenda de recherche est d'autant plus nécessaire que le cas du développement des recherches et filières de production bioénergétiques en France et en Europe peut s'interpréter comme la réalisation d'une stratégie particulièrement efficace de construction simultanée d'une technologie et de son marché sans susciter d'opposition, de débats, ni même un quelconque questionnement au sein de notre société. Et si la controverse globale précédemment citée, issue d'instances internationales telles la FAO et l'OCDE, a surpris le monde des biocarburants et a

1. *Observation du colloque Bioénergies organisé par l'Agence Nationale de la Recherche (restitution des projets BIO-E 2008-2009-2010)*, 9 oct. 2012

eu un impact certain sur l'opinion publique, elle n'a pas pour autant remis en cause ce mode d'opération. Plutôt que d'avoir cherché à travailler l'admissibilité sociale des bioénergies en tant qu'innovation, les acteurs de ces filières ont systématiquement privilégié leur miscibilité.

Une énergie renouvelable, prépondérante et méconnue

Les bioénergies, et parmi elles les biocarburants, représentent une part prépondérante et largement sous-estimée de notre rapport aux énergies renouvelables, que ce soit aujourd'hui ou dans le passé et l'histoire énergétique de notre pays et du continent européen. Elles constituent pourtant la voie privilégiée pour atteindre des objectifs ambitieux fixés dans les domaines environnementaux et climatiques, en contribuant largement à notre transition énergétique. La page 55 ci-contre permet, sur la base de figures du service d'observation et des statistiques du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2014), de dresser un état des lieux de cette dite transition dans le cas français, et d'évaluer la place et le rôle dévolus aux bioénergies en son sein.

Un regard sur la figure 1.1 nous renseigne sur la faible part qu'occupent toutes les énergies renouvelables dans notre mix énergétique, au regard de notre forte dépendance au pétrole et, spécificité hexagonale, de la primauté du nucléaire. Nous constatons aussi, ce que confirme la figure 1.2, qui sur la même période détaille l'évolution de ces énergies renouvelables par filière², que cette proportion est globalement stable depuis quarante ans, pour s'établir en 2012 à près de 8,8% de la consommation primaire d'énergie et 13,7% de la consommation finale brute. Encore loin des objectifs européen de 20% et français de 23% de consommation finale d'énergie issue du renouvelable à l'horizon 2020.

Cette stabilité sur le long terme s'explique par la pérennité de deux filières renouvelables majeures, connues et employées depuis longtemps et ce à l'échelle planétaire : la production hydraulique d'énergie, et, au premier chef, celle issue de la biomasse solide, le bois principalement destiné à l'éclairage et surtout au chauffage (figure 1.2). *Stricto sensu*, ce bois-énergie est évidemment une bioénergie, qui, au-delà de la problématique de compétition sur les ressources, partage aussi certaines technologies de chaudières, de transformation du bois en granulés (*pellets*), avec les nouvelles filières énergétiques non solides. Au total en France, mais aussi en Europe, la biomasse compte donc pour plus des deux-tiers des énergies renouvelables actuelles, loin devant les plus connus éoliennes, panneaux photovoltaïques, ou dispositifs géothermiques.

Une définition plus restreinte – sans doute plus exacte – des bioénergies qui exclurait la filière classique du bois de chauffe, ne change pas fondamentalement la donne au regard des autres énergies renouvelables. C'est ce qu'illustre la figure 1.3 : entre 2005 et 2012, période d'émergence de nouvelles filières, les bioénergies, constituées principalement des biocarburants, mais aussi du biogaz pour la chaleur et l'électricité et du bois-énergie pour l'électricité,

2. La figure 1.2 représente non plus une consommation, mais une production d'énergie. Dans le contexte national et concernant les énergies renouvelables, ces données sont, à cette échelle, superposables.

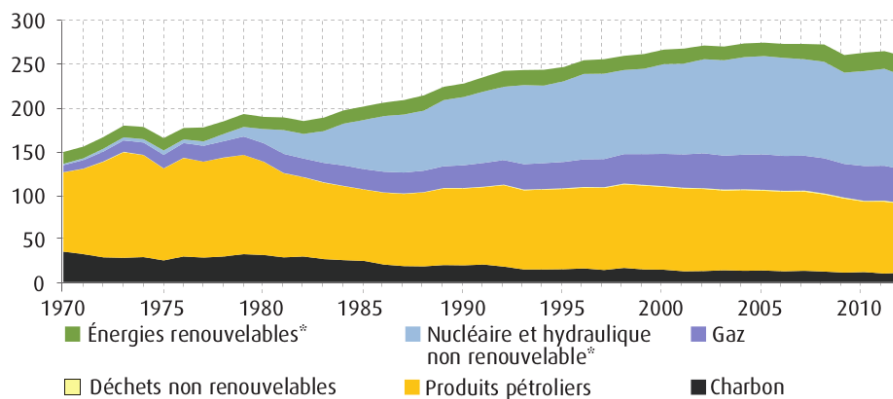


FIGURE 1.1 – Évolution de la consommation d'énergie primaire en France entre 1970 et 2012, en Mtep. SOeS, ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2014, p. 4)

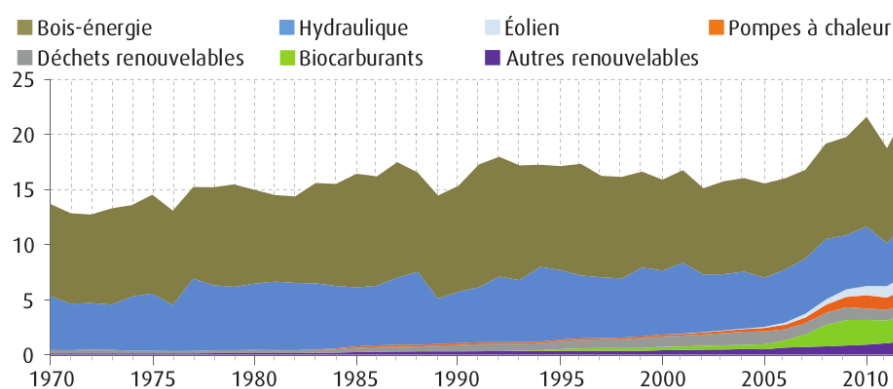


FIGURE 1.2 – Évolution de la production d'énergie renouvelable en France entre 1970 et 2012, en Mtep. SOeS, ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2014, p. 5)

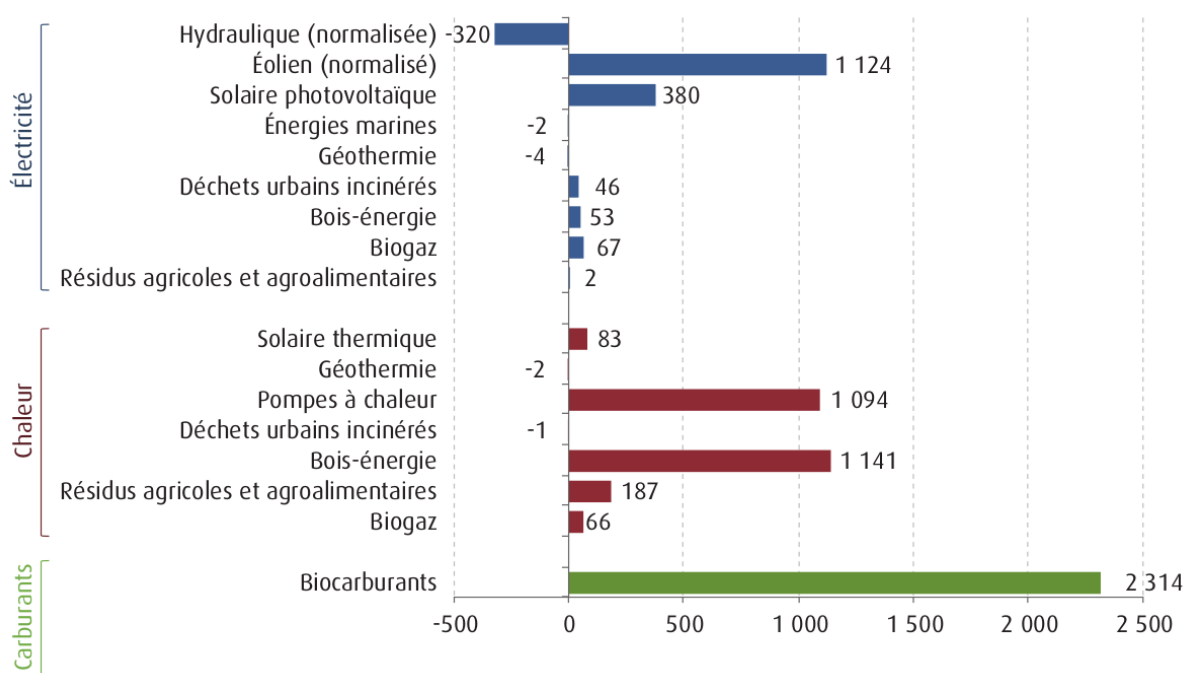


FIGURE 1.3 – Évolution de la production d'énergie renouvelable par filière en France entre 2005 et 2012, en ktep. SOeS, ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2014, p. 37)

constituent, et de loin, le principal effort de développement d'une nouvelle énergie renouvelable. Les biocarburants seuls, quant à eux, fournissaient en 2013 près de 13,6 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep) en Europe dont 2,7 Mtep pour la seule France, soient respectivement 4,7% et plus de 7% de l'énergie totale consommée par les transports dans chacun de ces espaces (EurObserv'ER 2014). Ils représentent donc un des investissements les plus sérieux concrètement entrepris jusqu'à aujourd'hui sur la voie de la « transition énergétique », qui vise à remplacer le modèle de surconsommation de ressources fossiles prédominant depuis un siècle et demi.

Comment expliquer alors notre méconnaissance relative de ces énergies, notamment au regard de filières proportionnellement bien moins contributives ? Car méconnaissance il y a : dans l'espace médiatique par exemple, le test de différentes requêtes sous Europresse, sur des corpus de presse français toutes époques confondues jusqu'à aujourd'hui, renvoie environ 24.000 articles citant le terme de biocarburant(s), quand l'éolien, dans un contexte énergétique, ou encore les panneaux solaires et photovoltaïques renvoient chacun à plus de six fois plus de publications.³

À quoi tient donc ce paradoxe qui fait des bioénergies à la fois l'une des principales énergies renouvelables, mais aussi l'une des moins connues ? Peut-être au fait qu'il est impossible de dissocier l'histoire des biocarburants de celle des carburants en général et, en particulier, du pétrole. Ce, pour une raison majeure, que la récente littérature sur le sujet ne mentionne jamais aussi explicitement : des biocarburants, cela n'existe pas. Sous cette formule lapidaire, nous n'entendons pas que les biocarburants *n'existent pas encore* : il n'est ici nullement question de plans non encore advenus, de projets abandonnés ou de promesse technologique irréaliste. Nous ne suggérons pas non plus qu'ils *n'existent pas vraiment*, qu'ils ne mériteraient pas leur appellation de bio-carburants, faute d'atteindre des objectifs écologiques suffisants qu'impliquerait l'usage du préfixe « bio », mais bien qu'ils *n'ont jamais existé* en tant qu'objet présent dans notre espace social. Les biocarburants n'existent pas en tant qu'objet (du moins en Europe), indépendamment de nos carburants traditionnels, qu'il s'agisse d'essence ou de diesel, car ils sont le nom donné à cette sous-partie, cette proportion du carburant dont l'origine provient de la biomasse. C'est leur rapport au total, – les 7% de l'énergie consommée pour les transports sur le territoire national – et non les millions de tep de biocarburants qui font sens. Ils ne peuvent pas se distinguer des carburants dits fossiles en ce qu'ils en constituent – et en ont toujours constitué – une part, un pourcentage : ils ne peuvent que lui disputer un morceau d'existence.

La thèse que nous développons dans ce chapitre est la suivante : la prédilection, maintes fois réassurée, pour cette miscibilité ne peut être réduite à la découverte d'un optimum physico-chimique, mais doit être interrogée en tant que construction sociale, qui concourt sciemment à un processus d'invisibilisation de l'innovation. C'est ce processus que nous souhaitons mettre

3. Seuls 2 000 articles ont employé le terme de bioénergie(s) sur cette même période.

en exergue, en exposant chronologiquement l'histoire parallèle des biocarburants et de leurs recherches associées, en France et en Europe.

1.1 L'éthanol, un siècle et demi d'alternative énergétique

La méconnaissance de l'existence et l'importance des bioénergies au regard des autres formes d'énergies renouvelables tient peut-être à ce que sa forme principale, les biocarburants, a longtemps été réduite au rôle de carburants dits « alternatifs », ou encore « de substitution ». Si l'on s'en tient à une vue d'ensemble, le développement des filières de production de biocarburant est en effet, sur le long terme, étroitement corrélé aux aventures du baril de pétrole et aux fluctuations de ses cours. Leur développement ne pouvait alors prétendre qu'au statut d'épiphénomène d'une plus grande histoire, celle de l'or noir.

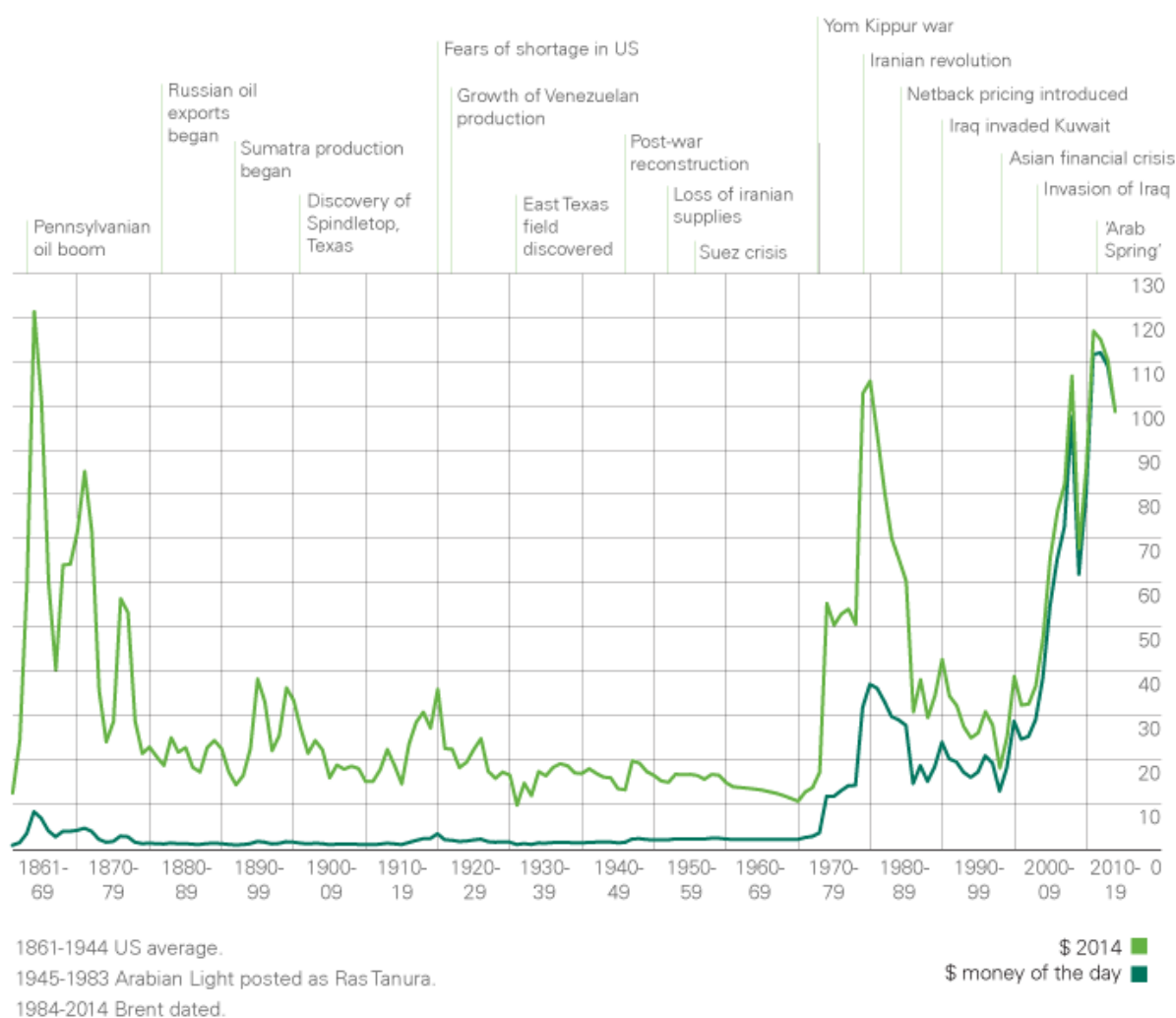


FIGURE 1.4 – Évolution du prix moyen annuel du baril de pétrole brut, nominal et réel (en dollars de 2014). *BP Statistical Review of World Energy 2015*, BP (2015).

Le graphique 1.4 retraçant l'évolution du prix du baril de pétrole sur plus de cent cinquante ans, illustre cette lecture. Il présente trois pics importants (en dollars de 2014) : à chacune de

ces périodes de forte inflation des hydrocarbures correspond en effet une quête d'alternatives énergétiques et donc l'émergence, puis le déclin pendant l'accalmie, de programmes nationaux de recherche dédiés aux énergies de substitution, maintenant qualifiées « de transition ».

1.1.1 Le concurrent malheureux du pétrole (1860–1973)

Le premier pic coïncide avec les tout premiers temps de l'histoire conjointe du pétrole et des moteurs à combustion interne. Les promoteurs des bioénergies se plaisent souvent à rappeler qu'à l'origine l'alcool, sous la forme d'éthanol, constituait le carburant principal de tels moteurs. Les mêmes exemples pullulent dans tous les rapports et les communications : Nikolaus Otto à la fin du XIXe siècle utilisait de l'éthanol pour faire fonctionner son invention, le moteur à explosion, et Rudolf Diesel dès 1892 privilégia, quant à lui, l'huile d'arachide pour ses moteurs éponymes. La Ford T, produite entre 1903 et 1926, roulait en partie à l'éthanol. De nombreux papiers narrant, succinctement, l'histoire au long cours des biocarburants citent cette affirmation d'Henry Ford en 1906 : « Il y a de l'essence dans toute matière végétale qui peut être fermentée », ou encore celle de Diesel en 1912 : « L'usage des huiles végétales comme carburant automobile est de nos jours insignifiant. Mais, à l'avenir, ces huiles pourraient devenir aussi importantes que le pétrole ou le charbon aujourd'hui ». Mais cet ancrage des premiers biocarburants aux temps mythiques de l'automobile ne remet pas en question, dans le discours, les raisons de leur déclin au profit du pétrole : la découverte de nouvelles réserves (les puits de *Spindletop* au début du siècle puis *East Texas* dans les années 1930 sont souvent évoqués) engendra une baisse du prix du baril et les qualités supérieures du pétrole confinèrent l'usage de l'éthanol carburant aux périodes de pénurie.

L'éthanol américain, ou la fabrique d'une inefficacité

Si l'histoire des biocarburants au long cours dépasse l'objectif et les bornes chronologiques de cette thèse, nous souhaitons toutefois en présenter une interprétation plus subtile, en reprenant quelques résultats de recherches et analyses de Michael S. Carolan (2009a,b, 2010), fondés sur un solide travail d'archives dans le cadre américain. Carolan retrace le développement respectif de l'éthanol et de l'essence aux États-Unis dans la première moitié du XXe siècle et conteste l'exclusion systématique de l'alcool des récits historiques décrivant cette période de transitions, y compris au sein des études de sociologie des sciences et des techniques. Il identifie une controverse entre l'éthanol et l'essence, qui permet de récuser l'idée trop répandue d'une supériorité technique intrinsèque de l'or noir en tant que combustible, *a priori*. La disqualification de l'éthanol est pour lui construite par la fermeture d'un système technologique.

Je ne me range pas à l'idée que la transition du *King Coal* au *Big Oil* était prédéterminée ou inévitable. Alors que le pétrole remplaçait le charbon comme carburant par excellence, cette transition fut la conséquence d'un amalgame de forces qui s'alignèrent de telles sortes à

rendre l'alcool éthylique (ce que l'on appelle aujourd'hui éthanol) inefficace et non rentable comme carburant alternatif.

Carolan (2009b, p. 422), notre traduction

Parmi les facteurs expliquant la construction de la non-rentabilité de l'éthanol, figure au premier chef l'imposition d'une taxation spécifique, la *sin tax*. Cette « taxe du péché » à laquelle l'alcool fut soumis était en fait double : il s'agissait à la fois d'un prélèvement fédéral portant sur ce produit de consommation quotidienne, mais aussi d'un surcoût indirect dû à l'obligation d'inclure dans la chaîne de production une étape supplémentaire : la « dénaturation ». L'objectif de cette procédure était de s'assurer que l'alcool à destination de carburant ne pouvait être consommé ou participer à la constitution d'une boisson. Les militants puritains, dans cette période de préprohibition, se partageaient d'ailleurs sur l'opportunité de décrier ou soutenir cet usage industriel de l'alcool, qui présentait l'avantage de fournir un débouché respectable à un produit sinon maléfique.

L'article de Carolan montre qu'à de nombreuses reprises durant la période 1860-1940, l'éthanol était temporairement compétitif, en fonction des nombreuses fluctuations des cours du baril. Et la prétendue inefficacité technique de l'éthanol, de même, n'avait rien d'évident. Carolan insiste tout particulièrement sur l'idée que le choix du pétrole parmi les multiples carburants potentiels doit beaucoup à la contingence, notamment lors de la découverte aux États-Unis des premiers puits d'or noir. Le pétrole brut extrait de ces gisements était – ce qui s'avéra par ailleurs rare – d'excellente qualité, car très léger : il contenait peu d'éléments chimiques lourds, dont la transformation eut nécessité des recherches longues et coûteuses, empêchant de fait une structuration rapide des filières industrielles. De telles recherches furent bien évidemment menées plus tard, mais la concurrence était alors déjà écartée et les profits colossaux engendrés par l'exploitation des premiers puits permettaient ces investissements. L'utilisation de l'éthanol, elle, se confrontait à un souci technique – la séparation de phase entre l'éthanol et l'eau – qui fut assez rapidement surmonté, mais qui conduisit en comparaison à des retards de développement et dont l'industrie pétrolière fit un argument massue pour sa disqualification en tant que carburant. Ce sont donc des conditions très favorables qui ont permis le développement d'une industrie puissante sous la forme des *oil trusts* telle la *Standard Oil* de John D. Rockefeller, ce que le monde éthanolier ne parvint jamais à mettre en place.

De plus, la similarité des systèmes en termes d'infrastructures empêcha la tenue d'un véritable débat, à l'inverse des batailles entre l'essence et d'autres sources d'énergie non liquides pour l'automobile, comme la vapeur ou le bois des gazogènes. En effet, les carburants liquides partageaient les mêmes moteurs ainsi que des techniques et un réseau de distribution : l'enjeu de la controverse sous-jacente résidait en fait dans le mélange ou non d'éthanol au pétrole raffiné, à hauteur de 30% environ. Techniquement, ce mélange présentait de nombreux avantages et Carolan affirme qu'aucune étude scientifique ne conclut à la supériorité du pur pétrole, bien au contraire. Dans les années 1930, le mouvement de la « *chemurgy* », que l'on pourrait associer aujourd'hui à de l'ingénierie biotechnologique à partir de matières premières agricoles

ou encore à la chimie verte, constituait le fleuron de la recherche chimique – et scientifique en général – d’alors. L’idéologie de ce mouvement qui reposait sur une croyance inébranlable dans le progrès scientifique, y compris sa capacité à trancher tout problème social, se concrétisa par exemple à travers le prototype de *Soybean Car* de Ford, dont la structure plastique externe était issue des soja et chanvre, et qui roulait grâce à un mélange d’essence et éthanol dit *Agrol*. Cette voiture issue des produits de l’agriculture américaine devait permettre en même temps de soutenir un monde rural en crise et d’assurer une indépendance énergétique tant recherchée par les États-Unis, mais l’*Agrol* pâtit d’un scandale qui l’accusa indûment d’importer ses matières premières – les molasses – non pas de Louisiane, mais de l’étranger. Si l’éthanol disparut, ce ne fut donc pas à cause de faiblesses physicochimiques intrinsèques. La contingence joua un rôle dans sa disqualification, et il faut rendre justice au talent industriel, commercial, organisationnel et politique des magnats du pétrole qui rendirent l’*Oil* « *Big* ».

Imaginaire de l’éthanol en France

Ces éléments de contexte du début du XXe siècle aux États-Unis sont importants à rappeler puisqu’ils façonnèrent le développement énergétique mondial contemporain, compte tenu du rôle prépondérant que cette nation tint ensuite dans l’espace politique, économique et technologique planétaire. Mais l’éthanol prit aussi une place importante dans l’histoire énergétique des pays européens, en France notamment, et dès ses débuts aussi sous la forme d’agrocarburant : carburant fabriqué par et pour soutenir le monde agricole. Helga-Jane Scarwell (2007, chap.2) rappelle que le superternaire était alors surnommé le « carburant agricole de la IIIe République », parfois encore le « combustible national ». Daniel Ballerini (2011 ; 2006) l’explique par un contexte nationaliste, dont les très nombreux articles consacrés à l’éthanol dans les journaux quotidiens de l’époque constituent un témoignage. Un « comité scientifique du carburant national » régla les derniers problèmes techniques d’interaction entre l’alcool et l’essence, après une intense phase de recherche de la société de chimie industrielle (Molles 2014), ce qui permit une consommation record d’éthanol dans les transports en France en 1936, avec 4 millions d’hectolitres, toujours dans une visée d’indépendance énergétique. Les autobus parisiens roulaient alors au benzol (mélange d’alcool et de benzène de houille) à hauteur de 30%.

Scarwell identifie un facteur important expliquant cet engouement pour l’alcool-carburant : la découverte et l’application industrielle de la chaptalisation permirent aux betteraviers du Nord de la France d’offrir à leur production agricole un nouveau débouché à travers la fabrication de vin de sucre. Ce que leurs collègues viticulteurs du Sud virent d’un très mauvais œil. Aux deux pôles de l’hexagone, la profession agricole fit pression sur ses députés locaux pour soutenir ou empêcher cette nouvelle concurrence. Les accords de Béziers, datant du 8 avril 1922, scellèrent la règle du « partage du marché réservant au Midi la consommation de bouche et au Nord les débouchés industriels » (Scarwell 2007, p. 70), qui explique la localisation contemporaine des usines de transformation de matières premières agricoles en produits non alimentaires, et spécifiquement celle des industries de biocarburants, dans les régions de Champagne-Ardenne

et Picardie. Les départements concernés et leurs députés apportèrent d'ailleurs depuis lors et jusqu'aujourd'hui, les archives parlementaires le démontrent, un soutien indéfectible à la filière.

Comme aux États-Unis, les biocarburants naissants en France véhiculaient donc une image sociale forte. La Seconde Guerre mondiale vint perturber les idéologies et mythologies nationales. Dans un monde en recomposition, l'image de l'éthanol resta attachée à une vision surannée, voire passéiste, de la technologie ; le pétrole, lui, permettait de fabriquer les nylons et plastiques de la reconstruction. Des recherches sur les biocarburants – le combustible en temps de guerre constituant un des biens le plus précieux, décidant des victoires ou défaites militaires – avaient été conduites en France durant la Seconde Guerre mondiale, mais, circonstance aggravante pour leur image, dans une France occupée. Le savant allemand Johannes Linneborn, dont le nom est aujourd'hui attaché au prix du meilleur chercheur européen en bioénergies, remis lors de la conférence annuelle *EU Biomass*, travaillait par exemple sur des moteurs gazogènes à Versailles, pendant l'Occupation. Ce système permettait de pallier l'absence de carburants fossiles en produisant, à partir du bois, un gaz combustible qui faisait rouler les automobiles. L'éthanol, lui, outre son utilisation pour les transports, servit aussi à propulser les missiles allemands V1 puis V2 qui dévastèrent Londres. De nombreux carburants de substitution se développèrent ainsi, sous la houlette du gouvernement de Vichy, en réaction au blocus sur les produits pétroliers de 1940 (Molles 2010). Dans l'après-guerre et durant toutes les Trente Glorieuses, comme le rappelle Jean-Paul Ceron (1987) au sortir de cette période, les biocarburants pâtissaient donc d'une image déplorable :

Le dossier des biocarburants [...] rappelle pour une grande partie de la population l'image d'une France agricole repliée sur elle-même. On le met en parallèle avec le bois des gazogènes et on l'associe volontiers à la période de l'occupation, surtout si on parle de produire l'alcool à partir du topinambour. Bref, il réveille d'autant plus de mauvais souvenirs qu'on évoque son intérêt pour répondre à des situations de crise actuelles (crise énergétique, crise de la politique agricole commune...). [...] Ceux qui sont défavorables à l'introduction des biocarburants rappellent volontiers l'utilisation de la biomasse à des fins énergétiques pendant la Deuxième Guerre mondiale ou évoquent le passé d'hommes politiques favorables au projet (le fait que P. Pujade évoque la possibilité d'utiliser le topinambour depuis plus de vingt ans prouverait en soi le caractère irréaliste de cette option...).

Ceron (ibid., p. 5 ; 55)

Comment alors, et sous quelle forme, des bioénergies ont-elles pu émerger en France, partant de ce contexte très défavorable ? L'essor de recherches et le développement de biocarburants coïncident avec les deux autres grands pics du graphe 1.4 (p. 57), effectivement en période de crises : les premiers et seconds chocs pétroliers successifs de 1973 et 1978, ainsi que la forte hausse du prix du baril du début du XXI^e siècle. Beaucoup de pays, notamment en Europe, mais aussi les États-Unis ou encore le Brésil, lancèrent dans la deuxième moitié des années 1970 des programmes de recherches, à la suite de la crise initiée par l'OPEP. Mais le contre-choc pétrolier de la décennie 1980 porta un coup fatal à nombre de ces programmes, abandonnés pour une dizaine d'années. Les biocarburants ne connurent un nouvel essor que récemment, alors que le

prix du pétrole atteint des sommets – variant dans un palier haut entre 100 et 150 \$ le baril – avant de connaître une chute vertigineuse depuis le second semestre 2014.

Les problématiques énergétiques sont éminemment stratégiques pour un État, et les contextes et les politiques nationaux jouent un rôle primordial dans le développement privilégié de ressources ou de technologies d’approvisionnement : nous avons fait le choix de concentrer notre étude du développement des biocarburants sur l’espace national français, en incluant ses interactions politiques européennes. Pour ce faire, nous avons pris le parti de conter l’histoire conjointe des biocarburants et des recherches conduites dans le domaine des bioénergies, sur la base d’entretiens conduits avec des acteurs de cette époque, et en mobilisant des archives, notamment parlementaires.

1.1.2 Une génération perdue (1973–1990)

C’est la crise du pétrole de 1973 qui fournit l’occasion de repenser la stratégie nationale de l’énergie, dans un contexte de pénurie relative et de déficit croissant de la balance commerciale. Wolfgang Palz, futur fondateur et premier directeur du programme de développement des énergies renouvelables de la Commission européenne de 1977 à 1997, était alors chercheur en France et présente la situation à l’époque, à travers son parcours :

Je suis devenu professeur à Nancy, sur les semi-conducteurs. J’étais d’abord conseiller et puis j’ai rejoint le CNES [Centre National d’Études Spatiales] pour les affaires spatiales : pour les photopiles, sur les satellites et tout ça. Il y a eu la crise du pétrole, 1973, et là tout a changé. C’est devenu un peu comme aujourd’hui : l’énergie est devenue une chose importante parce que tout à coup, il n’y avait plus de pétrole. À cette époque-là, moi, je voulais des grands programmes en France, mais ça ne marchait pas, parce que pendant un certain temps les autorités françaises hésitaient entre le nucléaire et autre chose, parce qu’on ne savait pas... ça a quand même pris une année de réflexion. Et puis c’est devenu le nucléaire et les autres *out*, fini. Mais ils m’ont aidé pour trouver une place à Bruxelles et donc le reste de ma carrière je l’ai fait à Bruxelles, comme chef responsable des énergies renouvelables.⁴

Le programme électronucléaire français, qui a façonné le système énergétique si particulier du pays dont près de 80% de la production d’électricité provient de l’atome, date en effet de ces années-là. La décision est prise de construire treize centrales nucléaires alors que l’électricité dépendait auparavant majoritairement du fioul : toutes les centrales dont la fermeture est discutée aujourd’hui, car elles atteignent les quarante ans de services, constituent un héritage de ce contexte énergétique. Toutefois, en guise de diversification, un programme de recherche alternatif sur l’énergie solaire est lancé : c’est sous cette égide « solaire » que naissent les premiers travaux de recherches nationaux sur la biomasse. Le spécialiste de la question – identifié par Wolfgang Palz comme l’interlocuteur « biomasse » de l’Europe en France – est Philippe Chartier, directeur scientifique de l’Agence française pour la maîtrise de l’énergie (AFME, plus tard ADEME : Agence de l’environnement et de la maîtrise de l’énergie) pendant une vingtaine

4. Entretien avec le fondateur et premier directeur du programme de développement des énergies renouvelables de la Commission Européenne (1977-1997), 6 juin 2011

d'années. Il revient sur ces tout premiers temps, dans un entretien conduit par Denis Poupardin (extrait des archives orales de l'INRA) :

L'événement qui m'a amené à l'AFME, puis à l'ADEME, a été le premier choc pétrolier. À la fin de l'année 1974, le gouvernement a lancé le programme électronucléaire, mais créé en même temps l'Agence française pour les économies d'énergie (AEE), et mis en place un Comité de l'énergie solaire [. . .]. Il comptait, parmi ses membres, une dizaine ou une quinzaine de spécialistes des énergies solaires (donc du photovoltaïque, du solaire thermodynamique, des chauffe-eau et des maisons solaires). Le ministère avait pris conscience que l'agriculture et la forêt constituaient aussi des dispositifs de captation de l'énergie solaire. S'étant rendu compte que la masse végétale qu'elles créaient était susceptible d'avoir aussi des utilisations énergétiques, il avait exprimé le désir que soit associé à ses travaux un représentant du Ministère de l'Agriculture. Considérant cette demande un peu trop exotique, celui-ci s'était retourné sur l'INRA en lui disant : « Vous devez bien avoir un fou dans un coin qui doit pouvoir nous aider en ce domaine ! ». ⁵

Si l'histoire de ce comité solaire et celle des programmes de recherche qui en découlent, tel le PIRDES (Programme interdisciplinaire de recherche pour le développement de l'énergie solaire, 1976–1981), ont été bien renseignées (Guthleben 2007 ; Ramunni 2001), alors que la France conduisait dans ce domaine une recherche de pointe à l'échelle mondiale grâce aux travaux conduits à Odeillo, ce n'est pas le cas du volet bioénergie. L'entretien de Poupardin avec Philippe Chartier est précieux puisqu'il permet de saisir combien le développement de biocarburants ultérieurement dits de première génération – reposant sur la partie comestible des plantes – était contre-indiqué dans le contexte européen, pour les mêmes questions foncières qui firent controverse près de 30 ans plus tard. Cet entretien ayant eu lieu en 1996, soit dix ans avant les premiers débats publics antibiocarburants, on ne peut y soupçonner Chartier de correction politique.

[J'ai] demandé à faire, en 1975, une mission de trois semaines aux États-Unis pour me rendre compte de l'état des travaux et des réflexions sur les utilisations de la bioénergie et de la biomasse. Les choses ont commencé alors à se structurer dans mon esprit : je me suis rendu compte que les États-Unis étaient un pays fort vaste où le foncier avait nécessairement un coût très bas. Tous les projets qu'on pouvait y envisager se caractérisaient par le fait que l'on pouvait partir comme si l'espace était entièrement disponible. On pouvait ainsi concevoir des projets de fermes énergétiques dans lesquelles une usine était installée au milieu de 2 000 hectares plantés, selon les cas, d'eucalyptus, de maïs, de canne à sucre ou de taillis à courte rotation. On pouvait imaginer aussi des dispositifs analogues d'exploitation énergétique des ressources de l'océan. Inversement, en Europe, l'espace était occupé. Si on n'avait pas une approche qui tenait compte de cette contrainte et si l'on persistait à ignorer les difficultés d'insertion des productions énergétiques nouvelles dans les activités agricoles et forestières, on risquait fort de raisonner faussement. C'est pourquoi j'ai mis en avant la nécessité de valoriser d'abord les déchets (notamment, les déchets animaux ou la paille), de regarder de plus près les productions secondaires (d'où l'intérêt porté en particulier à la forêt paysanne) et enfin de réfléchir davantage aux espaces vacants délaissés par l'agriculture. ⁶

Toutefois, la compétition avec la production alimentaire et l'inflation des matières premières agricoles, elles, n'étaient pas identifiées, et pour cause : le contexte alors très différent de surproduction (la France venait juste de devenir exportatrice nette dans le secteur primaire) incitait à trouver des débouchés alternatifs pour ne pas déprécier la valeur marchande des produits de l'agriculture et permettre à un monde rural en crise de survivre.

5. Poupardin, *Entretien avec Philippe Chartier, directeur scientifique de l'ADEME*, 3 avr. 1996

6. Poupardin, *Entretien avec Philippe Chartier, directeur scientifique de l'ADEME*, 3 avr. 1996

Je me souviens avoir repris à cette époque, dans des colloques internationaux, des considérations qui avaient été développées par Mansholt, à la fin des années 60, sur la libération des terres provoquée par les excédents structurels de la production agricole. J'esquissais des schémas d'évolution de la production agricole, je dessinais des courbes d'évolution de la productivité et de la démographie agricole, je formulais des hypothèses sur les marchés mondiaux, qui allaient toutes dans le même sens : mécaniquement, on allait se retrouver, à l'horizon 1990, au-devant de millions d'hectares de terres agricoles inutilisées. Aussi était-il judicieux de réfléchir dès maintenant à des productions alternatives à vocation énergétique. Je me souviens que cette idée avait été assez bien reçue, à l'époque, dans le monde de l'énergie, mais qu'elle était apparue complètement farfelue aux spécialistes de l'agriculture et du monde rural (notamment à l'INRA). Il y avait bien quelques excités qui ne juraient plus que par l'éthanol, mais ils étaient souvent un peu trop folkloriques. Telles sont les conditions dans lesquelles j'en suis venu à m'occuper de problèmes énergétiques.⁷

Ce travail prospectif n'aboutira en France que quelques années plus tard, alors que le second choc pétrolier avait doublé à nouveau le prix du pétrole à la pompe : si l'engagement nucléaire français résolvait le problème de l'approvisionnement électrique, il ne changeait rien au mécontentement des automobilistes avides d'énergie liquide.

Les plans Carburol et Hervé

Le plan Carburol, discuté depuis 1979, est adopté en conseil des ministres le 14 janvier 1981 ; la France est alors encore dirigée par le président Valéry Giscard d'Estaing. Conséquence directe du second choc pétrolier de 1978-1981, ce plan, porté par le ministre de l'Industrie Alain Giraud, prévoit de produire de biocarburants à hauteur de 50% du total de la consommation de carburants liquides en France et autorise le mélange d'alcool non taxé par la TIPP (taxe intérieure sur les produits pétroliers) à hauteur de 10%. Deux voies sont privilégiées : la fabrication de méthanol à partir de bois, charbon, lignite ou schiste et la filière acétanobutylique à partir de l'hydrolyse et fermentation de paille, maïs, betterave ou encore, souvent évoqués, de topinambours. Giraud, alors au gouvernement, avait auparavant dirigé l'Institut français du pétrole (IFP devenu IFPEN – IFP Énergies nouvelles – un établissement public à caractère industriel et commercial de recherche, créé en 1944). Cet organisme fut donc, avec l'INRA, l'un des premiers impliqués dans la recherche sur les biocarburants en France.

Enquêteur — Pourquoi l'IFP s'est tourné vers la biomasse, vers ces sujets – ce n'est *a priori* pas évident ?

Ex-directeur biotechnologies à l'IFPEN — [...] Les premières actions qu'on a eues dans ce domaine étaient dues à la présence d'un ancien directeur de l'IFP au gouvernement comme ministre de l'Industrie et qui s'appelait Giraud. [...] C'est lui qui a permis le lancement à l'IFP de tout un programme biomasse, en particulier le programme de mise en place du pilote à Soustons. Pour schématiser, cette personne avait été un des acteurs du développement du nucléaire en France, c'était quelqu'un qui raisonnait bien, mais des fois, il avait une vue qui éliminait trop vite les problèmes : de par sa formation, c'était un X Mines... Il ne faut pas oublier que quand il était au gouvernement, il a vu au moins la deuxième crise pétrolière, 1978, la première, 1973, je ne pense pas. Et donc, la France, tout comme les pays européens, a beaucoup souffert – enfin souffert il ne faut pas exagérer – mais il y avait quand même un problème au niveau des moyens de transport et donc des carburants. Donc, comment se rendre un peu plus autonomes ? On a de la biomasse, on n'est pas les plus forts en biomasse, mais c'est

7. Poupardin, *Entretien avec Philippe Chartier, directeur scientifique de l'ADEME*, 3 avr. 1996

pas si mal que ça en France, donc voyons ce que l'on peut faire. Il a décidé de lancer ça, il était allé aux États-Unis pour voir, et donc l'IFP a suivi.⁸

L'alternance du mois de mai 1981 ne remet pas en cause cet engagement, mais elle ne renforce pas autant l'investissement dans les formes d'énergie alternatives que l'on aurait pu le croire, notamment lorsque l'on relit cette déclaration de François Mitterrand lors de la campagne présidentielle : « Le plan Carburol est une diversion pour tromper l'automobiliste. En 1930, des véhicules roulaient déjà à l'alcool pur. L'idée est même française. . . Il est grand temps que l'État incite sérieusement les constructeurs et les autres parties prenantes à créer des énergies de substitution. »⁹. Philippe Chartier, le spécialiste français de la biomasse, est appelé au cabinet du nouveau ministre de la Recherche Jean-Pierre Chevènement ; mais il est vite écarté, selon lui par le corps des Mines, qui peuple les cabinets ministériels d'une nouvelle génération de jeunes ingénieurs polytechniciens socialo-compatibles, mais bien évidemment toujours fidèles au nucléaire. Chartier, lui, avait été associé au projet Alter dans les années 1970, projet mené par des militants antinucléaires réunis à partir de mai 1968 ; ces derniers lui avaient demandé des renseignements et études sur les alternatives énergétiques au pétrole et à l'atome. Il conserve cependant la confiance de son ministre, qui le nomme directeur scientifique de la nouvelle Agence française de la maîtrise de l'énergie, et doit mettre en œuvre le plan Hervé, du nom du nouveau ministre délégué chargé de l'Énergie, Edmond Hervé. Ce dernier détaille son ambitieux programme de recherche dans une réponse écrite à un député en février 1982 :

Son objectif est de démontrer la faisabilité technique et d'apprécier la rentabilité économique des filières de production envisageables. Il devrait comporter notamment les actions et projets suivants à engager en 1982 et 1983 : une plateforme de recherches biotechnologiques sur l'hydrolyse et la fermentation implantée à Soustons (Landes) ; un pilote de production préindustriel de mélange acétonobutylique à partir de topinambours ; un pilote de gazéification de bois à l'oxygène, étape préalable à une production de méthanol ex-bois ; un pilote de synthèse de méthanol et d'alcools supérieurs, mélange particulièrement approprié à l'utilisation dans le supercarburant ; une plateforme d'expérimentation de l'oxyvapo-gazéification du charbon ; des études et recherches en amont sur la culture et la récolte des biomasses utilisables ; un pilote permettant de tester les innovations possibles en matière de distillation éthylique à l'occasion d'une expérience agricole dont le montage est étudié en liaison avec le ministère de l'Agriculture. L'ensemble de ce programme représente entre 150 et 200 millions de francs par an. Le financement de ces actions est en cours de mise au point et devrait faire appel notamment au budget du commissariat à l'énergie solaire et au fonds de soutien aux hydrocarbures et assimilés (F.S.H.) qui retrouvera là une de ses vocations premières.¹⁰

Dans l'optique des pressions foncières sur les terres agricoles précédemment décrites par Philippe Chartier, on peut noter que ces pilotes de recherches correspondent exactement à ce que nous appelons aujourd'hui de la recherche sur biocarburants dits de seconde génération, financée par de très importants programmes de R&D à travers le monde et présenté à l'heure actuelle comme de la recherche de pointe. Les techniques employées, la focalisation sur les coproduits agricoles et non pas sur le sucre issu des fruits, l'huile issue des graines : tout montre

8. *Entretien avec l'ancien directeur du département Biotechnologies de l'IFP*, 25 fév. 2009

9. *Action automobile et touristique*, 1^{er} avr. 1981

10. *Réponse du ministre délégué chargé de l'énergie à la question écrite 3553 du 12 octobre 1981 du député François Morlette*, 15 fév. 1982

que des recherches « de seconde génération » ont donc été identifiées et amorcées dès les années 1980 et, nous le verrons, qu'elles ont précédé bien des recherches focalisées ensuite sur ce que l'on nomma *a posteriori* la « première génération ».

Mais – et de nombreux acteurs contemporains des bioénergies le déplorent, en évoquant comme des temps mythiques celui des recherches lignocellulosiques conduites à Soustons ou celui du pilote de gazéification de bois à l'oxygène de Clamecy – le soutien pour conduire ces travaux ne fut qu'éphémère.

L'abandon des recherches sur la biomasse

Le contexte de contre-choc pétrolier porte un coup à ces recherches, malgré les discours officiels assurant du maintien du soutien aux expérimentations sur la biomasse.

M. Roger Fauroux, ministre de l'Industrie et de l'Aménagement du territoire [PS] — Notre situation énergétique est certainement bien meilleure, globalement, que celle qui prévalait il y a huit ans, lors du précédent débat parlementaire sur l'énergie. Nous étions alors sous le coup du second choc pétrolier. Le baril de pétrole valait 36 dollars ; il en vaut 18 aujourd'hui. La France achetait à l'extérieur les deux tiers du total de ses besoins et consacrait à ses achats l'équivalent de plus du quart de ses exportations. Aujourd'hui, elle n'importe plus que la moitié de sa consommation et, la baisse des prix aidant, la facture énergétique n'a plus représenté l'an dernier que 1,4 p. 100 du P.I.B. contre 6 p. 100 en 1981. [...] Je pense que, malgré certaines difficultés actuelles, les perspectives de développement, à condition que nous sachions être sélectifs, ne sont pas négligeables. En particulier, certains n'hésitent pas à prédire pour le prochain siècle l'émergence de la biomasse. Dans l'état actuel de la technique, et dans nos pays, la production de carburants dérivés de la biomasse pourrait se faire à un prix de deux ou trois fois, seulement, si je puis dire, le prix actuel du pétrole, soit 40 à 60 dollars le baril. L'utilisation à grande échelle de ce carburant n'est certainement pas pour demain, mais peut-être pour après-demain ou pour après après-demain, compte tenu de l'évolution du prix du combustible et de celle des techniques végétales. Je me suis rendu, il y a peu de temps, à Soustons où l'Institut français des pétroles et l'Agence française pour la maîtrise de l'énergie exploitent un pilote industriel de fabrication de biocarburants. Je crois que c'est le seul en Europe à cette échelle et il fonctionne très bien.¹¹

« À condition que nous sachions être sélectifs »... Le contexte énergétique nouveau du contre-choc pétrolier incite à faire des choix, dont pâtiront les recherches sur le solaire et la biomasse. Les partisans des bioénergies mettent aujourd'hui en garde les pouvoirs publics contre toute réglementation qui freinerait à nouveau leur activité, sous peine de reproduire l'erreur que constitua selon eux cet abandon des recherches sur la biomasse dans la deuxième moitié de la décennie 1980. Nombre des entretiens que nous avons conduits mentionnent avec regret l'absence d'une vision « à long terme » qu'impliquerait un effort continu de financement des recherches, si l'on vise une véritable transition énergétique. Les ambitieux plans Carburol et Hervé se réduisirent de fait, au milieu des années 1980, à quelques travaux agronomiques et sur les végétaux menés à l'INRA et au soutien de deux pilotes de recherche industriels : Soustons et Clamecy, ce que déplorent les députés des territoires porteurs des autres projets.

M. Marcel Mocoœur [PS] — Jusqu'en 1982, le renchérissement du pétrole, le désir d'assurer à la France une plus grande indépendance énergétique et le souci de diversifier nos sources d'énergie ont

11. *Politique énergétique de la France : déclaration du gouvernement et débat*, 12 déc. 1989

entraîné un intérêt croissant pour les énergies renouvelables et provoqué, surtout dans les régions pauvres, un engouement certain pour l'utilisation de sources d'énergie locales, qui sont qualifiées de nouvelles, bien que d'un emploi souvent fort ancien. De nombreuses associations bénévoles ont vu le jour avec le soutien du commissariat à l'énergie solaire, d'abord, de l'Agence française pour la maîtrise de l'énergie, plus tard. Depuis 1982 [...] il semblerait que l'enthousiasme faiblisse quelque peu, aussi bien du côté des associations que de celui des pouvoirs publics. Et pourtant, que de projets intéressants ont été mis sur le papier et n'attendent qu'une incitation financière pour être implantés, testés et éventuellement diffusés. [...] Depuis un an, il semble que l'on piétine un peu et que les problèmes abordés par la commission nationale consultative ne soient pas encore résolus ni en passe de l'être. Or il était prévu la construction de trois pilotes : un à Clamecy, un à Soustons, un à Attin. Si les pilotes de Clamecy et Soustons paraissent en bonne voie, qu'en est-il, madame le ministre, du pilote d'Attin ? Destinés à l'expérimentation des filières acétonobutyliques et éthyliques, les résultats attendus intéressent au premier chef la région du Limousin que j'ai l'honneur de représenter. En effet, 40 p. 100 des surfaces cultivées en topinambours le sont en Limousin.¹²

Ce député réclamait alors des moyens supplémentaires pour l'AFME (Agence française pour la maîtrise de l'énergie), mais l'opposition du Ministère des Finances, en sous-main, est trop importante pour que les intérêts locaux de la profession agricole fissent le poids. Un ancien responsable de valorisation énergétique de la biomasse au ministère de l'Agriculture, passé ensuite à l'AFME puis à l'ADEME, identifie les importantes pressions de Bercy pour couper les vivres à ces programmes de recherche et raconte la piteuse fin de tous les pilotes biocarburants des années 1980 :

Ex-responsable biocarburants à l'ADEME — Il y avait deux opérations : Soustons et Clamecy. Soustons s'occupait d'hydrolyse enzymatique et de traitement de la biomasse pour aboutir à un substrat fermentescible. [...] Il y avait une collusion très étroite – sans que ça soit péjoratif – avec les gens de l'IFP qui s'occupaient de la valorisation de la biomasse. Soustons était vraiment sous tutelle de l'IFP, je me souviens très bien. Avec le contre-choc pétrolier – parce qu'on fait des choses bien quand le pétrole est cher (enfin ça c'était le passé, hein) et puis quand le pétrole redevient extrêmement bon marché, on met tout aux orties – Soustons qui avait été un programme phare de transformation de la biomasse, qui était l'ancêtre en quelque sorte de la valorisation de la biomasse pour faire des biocarburants de deuxième génération, Clamecy aussi d'ailleurs, n'avaient plus aucune justification compte tenu du revirement total du cours du pétrole. Du coup, il y avait une pression énorme, énorme du ministère de l'Industrie, du ministère des Finances pour bazarder tout ça et arrêter les folles dépenses qui étaient attachées au fonctionnement et au programme de recherche. À ma connaissance, d'ailleurs, Soustons a été donné entre guillemets, parce que je pense qu'il y a eu une vente pour un franc symbolique, et ça a été repris par Safisis...

Enquêteur — Oui, Lesaffre...

Ex-responsable biocarburants à l'ADEME — Oui par Lesaffre, exactement, parce que Safisis est arrivé après, c'est une filiale de Lesaffre. Tout ça pour quoi faire ? Normalement une production d'enzymes. [...] On s'est aperçus que ce matériel-là était laissé à l'abandon, rouillait dans un coin, et puis plus du tout utilisé par Lesaffre, qui faisait autre chose sous sa halle technologique, qu'on n'avait pas le droit d'aller voir d'ailleurs, parce que c'était top secret. Voilà l'histoire de Soustons, ça s'est mal terminé. Et Clamecy, ça s'est terminé peut-être plus rapidement et à peu près dans les mêmes termes parce qu'ils ont fait un semblant d'essai, vite fait, pour démontrer la faisabilité. C'était le traitement à la chaleur, thermotraitement, pour obtenir un gaz de synthèse, tout simplement. Bon, c'était tout. Ils ne sont pas allés plus loin, ils ont démontré une faisabilité quelconque, qui... On n'est même pas sûr que c'en soit une d'ailleurs, à ma connaissance. Et ils ont tout arrêté et ils ont tout fermé, parce que, effectivement c'était toujours le contre-choc pétrolier qui dictait en quelque sorte la fermeture. Là, c'était véritablement bien fermé, puisque ça a été vendu pour un franc symbolique à je ne sais plus... Creusot-Loire... et puis ça a été démonté, c'est parti je crois en Afrique et puis je ne sais pas ce que c'est devenu :

12. *Question au gouvernement*, 14 nov. 1983

si ça se trouve c'est juste le prix de la ferraille, quoi. Voilà les grandeurs et décadences des programmes de recherche français sur les biocarburants de deuxième génération avant... alors qu'on ne vienne pas nous dire aujourd'hui qu'on ne sait pas ce que c'est que des biocarburants de deuxième génération !¹³

Cet échec eut des conséquences importantes pour le développement des bioénergies à venir. Si la formule de génération perdue, *lost generation*, dont Gertrude Stein affubla les jeunes survivants hébétés et désœuvrés de la Première Guerre mondiale (peintres, écrivains tel Hemingway...), est peut-être excessive puisqu'il n'est ici pas question de morts, elle nous semble cependant adéquate pour qualifier la période qui suivit cet arrêt brutal des recherches dans les années 1980, engendrant des conséquences démographiques très particulières dans le domaine de recherche sur les bioénergies, jusqu'à aujourd'hui. Le début des entretiens réalisés dans le cadre de mémoires de master et de cette thèse a coïncidé avec le départ en retraite des pionniers qui connurent cette traversée du désert ; quant aux chercheurs du domaine aujourd'hui dans la force de l'âge professionnel (les directeurs de laboratoire, de recherche, les professeurs par exemple), ils ont presque tous rencontré les biocarburants après une reconversion thématique.

L'échec de ces premiers pilotes de recherche, financés de façon conséquente et portés par des organismes au cœur de l'État (l'Institut français du pétrole notamment, même si l'opportunité d'un tel soutien faisait l'objet de désaccords en interne), ne doit pas se lire comme une fatalité commandée par l'impérieuse nécessité du contre-choc pétrolier : l'exemple du Brésil, rare pays à proroger alors son soutien aux politiques de recherche et production de biocarburants, montre que le choix des bioénergies était possible, à condition qu'un rassemblement de forces sociales suffisamment conséquent se formât autour de la réalisation de cet objectif. Le Brésil avait en effet fait le choix inverse de celui de la miscibilité en exigeant, dès le départ, l'adaptation des moteurs des véhicules pour une essence comprenant au minimum 10, 22%, puis une part majoritaire d'alcool (Rico 2007). Cet investissement n'est pas sans lien avec le prolongement du plan *Pró-Álcool* lancé en 1975, alors même que les difficultés financières du pays, soumis au contrôle de la Banque mondiale et du FMI (Duquette 1989), étaient importantes dans la décennie 1980. Ces choix conduisirent à l'émergence postérieure d'un nouveau type de moteurs, dit *flex-fuel*, permettant de brûler aussi bien de l'essence traditionnelle qu'un mélange à forte majorité d'éthanol. Aujourd'hui, plus de la moitié de la consommation de carburants pour les transports brésiliens provient des bioénergies et, à la pompe, l'éthanol brésilien existe bien socialement en tant qu'objet à part entière, que les consommateurs peuvent choisir ou non d'acheter.

Le fait que des recherches sur les biocarburants « de seconde génération » précèdent en France celles sur la première génération, ne pousse pas à l'optimisme quant au futur de ces « nouveaux » biocarburants, encore à l'état de projets de recherche et de prototypes (pilotes, démonstrateurs) industriels, comme ils le furent dans les années 1980. Non parce qu'on rata jadis

13. Entretien avec l'ancien responsable de la mission Biocarburants à l'ADEME, 30 mar. 2011

le coche, mais parce que de tels biocarburants ne surent s'imposer sous cette forme, alors même qu'un autre agencement, lui, y réussit, pour s'exonérer – relativement – des fluctuations du baril de pétrole. En Europe, et en France au tout premier chef, un nouveau biocarburant s'imposa au début des années 1990 : le biodiesel. Quelles forces concoururent à cette émergence ; quelle forme spécifique prit ce biocarburant pour advenir ?

1.2 L'invention du biodiesel, agrocarburant (1990–1994)

Le biodiesel européen constitue une exception à l'échelle mondiale, où biocarburant est synonyme d'éthanol. La carte 1.5 (p. 70) représente l'importante consommation de biodiesel au sein de l'Union, relativement à celle de bioéthanol, tandis que l'histogramme de la figure 1.6 indique la singularité de cette proportion au regard des principaux producteurs mondiaux (États-Unis et Brésil).

Cette singularité s'explique naturellement par la forte préférence des automobilistes européens pour des moteurs diesel et donc une consommation majoritaire de gazole par rapport à l'essence sans plomb, mais elle ne peut s'y réduire : le taux de biocarburant (biodiesel donc) incorporé dans le diesel distribué à la pompe est significativement supérieur à celui de l'éthanol présent dans l'essence. Nous nous proposons dans les pages qui suivent d'explorer l'histoire de ces carburants issus de plantes oléagineuses et de comprendre la construction parallèle de leur succès, et de leur invisibilité.

En effet, même si – et l'histogramme 1.6 en témoigne – la production de biodiesel européen est loin d'atteindre celle de l'éthanol américain (du Nord comme du Sud), elle est tout sauf négligeable, alors que la grande majorité des conducteurs de véhicules motorisés ignorent acheter et consommer quotidiennement des biocarburants produits en Europe. Ceci est d'autant plus surprenant dans le contexte français, que cette production est imputable majoritairement à un acteur hexagonal, Diester Industrie, leader européen et mondial du biodiesel, qui produit à lui seul 3 millions de tonnes de biodiesel dans 13 unités industrielles en France et en Europe (EurObserv'ER 2014). Notons par ailleurs que la France se hisse aussi à la première place européenne pour la production d'éthanol, à hauteur de 1,2 milliard de litres en 2012 (assez loin devant l'Allemagne et ses 773 millions) : il fait donc sens de se focaliser particulièrement sur le cas français pour comprendre le modèle européen de développement des biocarburants.

1.2.1 Une compensation aux réformes agricoles communautaires

Un débat autour de l'opportunité de renommer les biocarburants « agrocarburants » fait rage depuis 2008. Les opposants aux bioénergies rappellent par l'usage du préfixe agro- (champ en grec ancien) la proximité avec l'industrie agroalimentaire et dénoncent l'utilisation, qu'ils jugent trompeuse, du préfixe bio- associé selon eux à l'idée de neutralité environnementale, sur

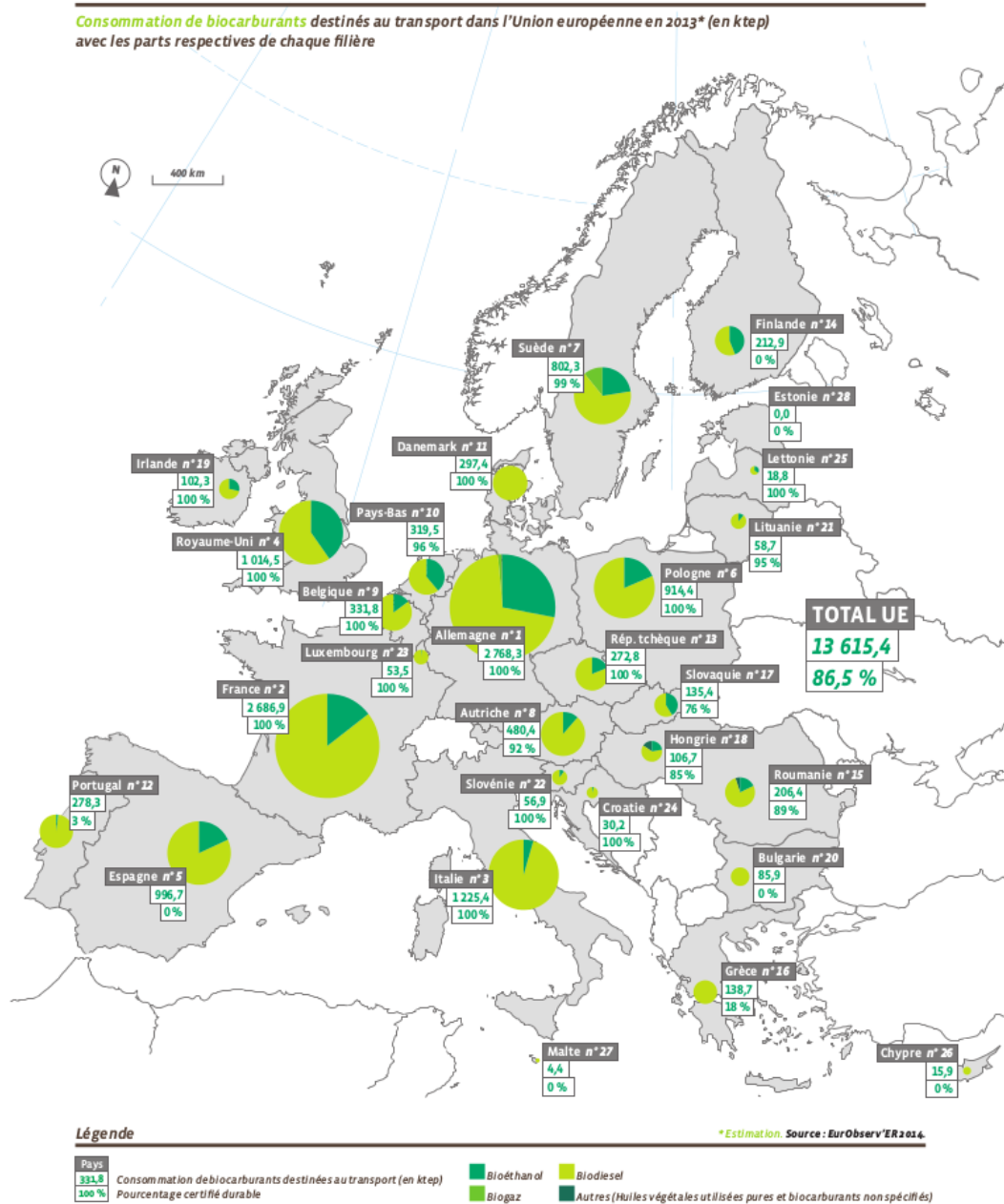


FIGURE 1.5 – Consommation de biocarburants dans l’UE, en ktep (2013). EurObserv’ER (2014)

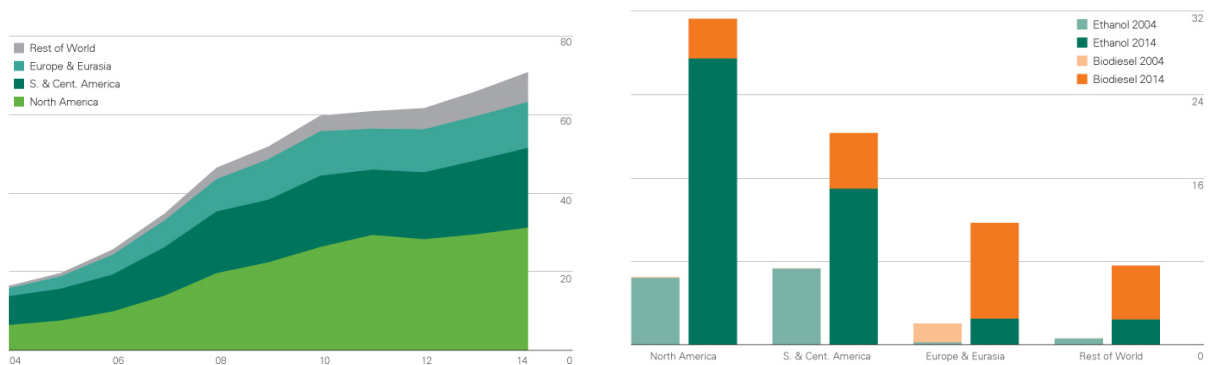


FIGURE 1.6 – Évolution de la production mondiale de biocarburants, par continent et par type, en Mtep (2004-2014). BP Statistical Review of World Energy 2015, BP (2015)

le modèle de l'agriculture biologique, ou agriculture « bio ». Parler d'agrocarburant, c'est affirmer que l'on n'est pas dupe, que l'on a saisi les enjeux de la question et que l'on ne s'en laisse pas compter par les lobbys et le pouvoir réunis : c'est signifier son doute. Tout observateur, relayeur d'information ou commentateur se devrait alors, afin de conserver son statut « objectif », d'utiliser cette expression signalant son indépendance et nos députés et ministres, qui ont sans tarder emboîté le pas aux médias, ne parlent eux aussi plus que d'agrocarburants.

Les partisans, eux, rappellent que bio- signifie étymologiquement « vie » et que l'usage réfère ici à la biomasse, que cette biomasse soit agricole, forestière, algale ou issue de déchets. Le terme biocarburants décrit donc selon eux plus fidèlement l'éventail des carburants d'origine renouvelable possibles. Ce débat sémantique s'est joué à de nombreuses reprises, la plus récente ayant eu lieu entre l'Assemblée nationale, qui avait substitué le terme plus péjoratif d'agrocarburants le 17 mai 2013, et le Sénat, qui rétablit l'appellation biocarburants le 27 juin.

Si le parti pris de cette thèse a été de systématiquement privilégier l'appellation « biocarburants », dont les agrocarburants ne constituent qu'une part, et qui traduisent exactement l'anglais *biofuel*, il est parfaitement juste de dire que ceux aujourd'hui produits, et le biodiesel notamment, sont des agrocarburants au sens strict. Pourquoi ?

Une logique agricole à la fois économique et idéologique

Contrairement aux crises de 1973 et 1978, ce n'est pas une politique énergétique qui conduisit à l'émergence effective des biocarburants en France et en Europe, mais bien une politique agricole. Les biocarburants actuels sont nés au début de la décennie 1990, en compensation d'une réforme de la PAC (Politique agricole commune).

Cinq objectifs de la politique agricole commune sont définis dans l'article 39 du Traité de Rome instaurant en 1957 la Communauté économique européenne (CEE) : accroître la productivité et la production, pour garantir la sécurité des approvisionnements, tout en stabilisant les marchés, afin de garantir un niveau de vie équitable aux agriculteurs, et d'assurer des prix raisonnables aux consommateurs. L'orientation de la PAC est donc nettement productiviste ; ses mécanismes reposent sur trois grands principes : l'unité du marché, la préférence communautaire (les prélèvements opérés sur des importations à un prix inférieur à celui de protection « restitutions », véritables subventions favorisant l'écoulement des excédents européens sur le marché mondial en assurant un prix de soutien aux agriculteurs), et la solidarité financière, assurée par le Fonds européen d'orientation et de garantie agricole (FEOGA).

Dès la fin des années 60, la PAC, stimulant remarquable qui va notamment permettre à la France de devenir exportatrice agricole, montre des effets pervers. Le système est une machine à fabriquer des excédents structurels, les « lacs de lait » et « montagnes de beurre », mais aussi de sucre et de céréales. La lutte contre les excédents débuta en 1967 avec la mise au point d'un système contingenté et d'un prélèvement – la « cotisation sucre » – sur la betterave. Cette lutte continue avec les mesures de 1984–85 et l'instauration des fameux quotas laitiers. Mais

la CEE souffre toujours de surproduction céréalière. Malgré le mécanisme de seuil de garantie qui diminue le prix d'intervention de 25% entre 1984 et 1987, et le système de la quantité maximale garantie (160 Mt) dont le dépassement entraîne une baisse automatique de 3% du prix d'intervention pour la campagne suivante, la récolte céréalière atteint 168 Mt en moyenne pour la période 1988–91. Cette situation envenime les relations avec les États-Unis dans le dernier cycle de négociations commerciales multilatérales du GATT (Accord général sur les tarifs douaniers et le commerce), dit *Uruguay Round*, où pour la première fois ce ne sont plus seulement les tarifs manufacturiers qui sont discutés, mais aussi les tarifs agricoles. L'entrée de la péninsule Ibérique dans la CEE en 1986 marque le début d'une « guerre des oléagineux » de plus de 5 ans avec les États-Unis, qui dénoncent le protectionnisme communautaire.

La pression pour une réforme générale de la PAC n'est pas qu'extérieure : celle-ci coûte cher, de plus en plus cher (presque trois-quarts du budget communautaire). La France freine des quatre fers, mais les pays contributeurs nets ne souhaitent plus financer la surproduction. S'ils refusent le démantèlement de la PAC dont rêve Washington (rejet le 23 décembre 1991 du compromis Dunkel), les Européens n'en demeurent pas moins convaincus de la nécessité d'une nouvelle réforme : celle-ci, d'une ampleur sans précédent, sera adoptée par le Conseil des ministres le 21 mai 1992, sur la base des propositions du Commissaire irlandais chargé de l'agriculture Ray Mac Sharry. La réforme Mac Sharry décide, pour les produits de grande culture (céréales, oléagineux, protéagineux), une baisse des prix institutionnels. La perte induite de chiffre d'affaires est compensée par le versement d'une prime forfaitaire, calculée pour dissuader l'agriculteur de corriger la baisse du prix en augmentant le rendement. Mais cette compensation est subordonnée à un engagement : une mise en jachère obligatoire d'une certaine partie de ses terres, condition dont les petits producteurs sont exonérés.

Cette réforme, le monde agricole, particulièrement en France, y était opposé. La profession conduisit d'après négociations : parmi les conditions d'acceptation de la PAC, elle proposa l'instauration d'une importante politique de soutien aux biocarburants, en réponse à l'obligation de jachère. Que souhaitaient ces agriculteurs ? L'autorisation de planter des cultures exclusivement destinées à l'industrie non alimentaire sur ces jachères, qui, de fait, ne rentrent pas en compte dans la dépréciation des productions alimentaires. C'est là qu'interviennent les biocarburants : le système de jachère obligatoire de la PAC ne vise que les productions destinées à l'alimentation humaine ou animale. Sur les 15% des terres promises à la friche, les agriculteurs souhaitaient planter des cultures destinées aux biocarburants et toucher en outre la prime pour le gel des terres. D'où ce slogan d'une manifestation paysanne : « Les biocarburants, l'antigel des terres ».

En effet, la jachère constituait un véritable traumatisme pour les agriculteurs qui l'assimilaient aux pratiques médiévales d'assolement triennal ; elle contredisait toute la philosophie productiviste issue du mouvement de la Jeunesse agricole catholique (JAC) depuis les années 1950. Raymond Lévy, dans son rapport que nous discuterons ultérieurement (p. 83), notait en

effet combien :

La profession agricole n'est pas habituée, comme le sont les industriels, à laisser inemployées certaines capacités de production [On évalue en fin 1992 à 18% la capacité de production industrielle inemployée en France (source : Crédit Lyonnais).], et le chiffre de 15% de la surface totale cultivable correspond à ce 1,5 million d'hectares [Ce chiffre est à comparer à la réduction de 1,1 million d'hectares qu'a connue, chez nous, au cours des dernières décennies, la surface des terres cultivées], chiffre qui apparaîtrait comme sérieux, mais non dramatique à des industriels, constitue pour la profession agricole un choc aux conséquences sentimentales et culturelles fortes.

Lévy (1993, p. 4)

Pour la pensée de la JAC, dite jaciste, le travail de l'agriculteur se fonde sur une double légitimité : nourrir les hommes et produire le moins cher possible ; sa double mission est de faire baisser la part d'alimentation dans le budget des ménages et d'exporter vers les pays en voie de développement pour résoudre le problème de la faim dans le monde. Pour cela une nouvelle identité paysanne doit émerger : l'agriculteur entrepreneur. On voit combien cette pensée fut à l'origine du modèle productiviste de la PAC. Y a-t-il contradiction entre le développement des biocarburants et le jacisme ?

En 2007-2008, dans une situation de pénurie (et spéculation) et donc forte inflation des matières premières agricoles, les biocarburants furent accusés d'affamer la planète et renommés par certains pour l'occasion « nérocarburants » (Nicolino 2007, 2010) : on reprochait alors aux agriculteurs de s'enrichir sur la famine du monde. Or, au début des années 1990, cette inflation était précisément l'objectif de la PAC. La hausse des prix alimentaires, à laquelle les biocarburants étaient censés contribuer, constituait alors un objectif clairement affiché, dont même les pays en voie de développement étaient censés bénéficier : des prix trop bas étaient synonymes de trop faibles revenus de subsistance pour les ruraux paysans, encore majoritaires dans ces régions du monde. On mesure l'ironie du paradoxe – très rarement évoqué – pour des agriculteurs à philosophie productiviste et catholique. Ceux-ci ne développèrent au départ les cultures destinées aux biocarburants qu'en réponse à une jachère imposée dans le but de provoquer l'inflation, et pour contribuer à l'augmentation globale des revenus des paysans ; tout ceci pour, quinze ans plus tard, apparaître comme d'inconscients affameurs qui feraient mieux de produire, à haut rendement, de l'alimentation.

La nouvelle PAC de 1992 souhaitait le retour du paysan face à l'agriculteur productiviste. Lorsque Henri Mendras évoque la *Fin des paysans* (Mendras 1967), il ne souligne pas seulement une diminution en nombre de la population active agricole, cette *Révolution silencieuse* (Debatisse 1963) de milliers de gens partant vers la ville sans que cela ne se remarque. Il diagnostique surtout la fin d'un certain mode de travail et de vie, celui du paysan : c'est-à-dire l'homme qui est dans le pays et le paysage. En 1992, la multifonctionnalité agricole est mise en avant pour pallier cette absence : il s'agit de reconnaître que le paysan a une fonction écologique et spatiale, car il transforme et valorise l'espace national, qu'il a une fonction sociale par la création d'emplois, ainsi qu'une fonction sanitaire. Multifonctionnalité rime donc avec

pluriactivité : agrotourisme, service de proximité, missions de service public sont les nouveaux débouchés proposés aux agriculteurs afin d'accroître leurs revenus, mais le monde agricole y est fortement réticent.

Les biocarburants apparaissent alors comme une voie médiane entre les valeurs jacistes et la multifonctionnalité agricole : ce nouveau débouché obéit aux objectifs de valorisation de l'espace, il se présente comme un secteur productif créateur d'emplois et de nouveaux revenus, tout en constituant un intérêt national, un pas vers l'indépendance énergétique après avoir acquis l'indépendance alimentaire. Mais il répond aussi à une logique sociale productiviste : remplir les réservoirs français après avoir nourri les estomacs. Cette nouvelle mission incombant à l'agriculteur relève bien de la veine jaciste.

Une discrète mise en place

Cette idée de compensation à la politique agricole commune par la culture de plants destinés aux biocarburants, sur la jachère « industrielle », et qui est à l'origine du concept de *non-food* en agriculture dans la réglementation européenne, ne plaît pas à tout le monde. Un chercheur à l'INRA, alors conseiller de la ministre des Affaires européennes de l'époque, identifie les forces en présence et le rapport qu'elles entretiennent autour de cette proposition :

Il y avait une opposition farouche des financiers, des ministres des Finances, notamment en France, et des autorités monétaires au niveau européen. Il y avait une opposition de la plupart des industriels de l'automobile, et une opposition aussi assez nette des pétroliers. En fait, c'était pas gagné d'avance. [...] La demande était très fortement poussée par le ministère de l'Agriculture, lequel relayait les demandes de la FNSEA et de la Fédération des oléoprotéagineux et son directeur Tillous-Borde, qui est toujours le directeur. Eux avaient, surtout oléoprotéagineux, le projet, qui était juste réfléchi, mais pas mis en pratique – sinon de manière très expérimentale – de développer une industrie de biocarburants, notamment à partir du colza. Avec deux origines possibles : la production en France et éventuellement l'importation de protéagineux par les ports du Havre et Rouen. D'où l'implantation des premières usines dans le coin. Et d'où les premiers essais sur Rouen ou Caen de traction avec de l'huile de colza. [...] [Henri] Nallet [, ministre de l'Agriculture,] estime que s'il arrive à faire passer cette mesure, c'est une manière de faire passer aux agriculteurs français dans leur ensemble, notamment aux céréaliers, l'idée de la jachère. Il a beaucoup travaillé, notamment pour son président de l'époque, à rendre le milieu agricole mieux disposé vis-à-vis des socialistes. La réforme de la PAC, on en parlait, mais elle n'était pas encore bien définie.¹⁴

Dans ce climat difficile, la France ne peut pas porter la proposition auprès de Bruxelles, notamment parce que la discussion préalable de cette affaire dans le cadre national du conseil interministériel aurait certainement débouché sur un veto du ministère des Finances dont l'avis est déterminant. Mais aussi, car il était plus habile de faire oublier les intérêts de la France ; la tactique employée pour obtenir l'accord autour de ce règlement mérite d'être relatée :

Le Conseil ne voulant pas trop s'engager, souhaitait d'abord prendre la décision sous une forme expérimentale et donc voulait avoir l'avis des ministres de la Recherche : en disant on va faire d'abord un travail de recherche et non pas un travail de production et donc il faut que le conseil des

14. *Entretien avec un ancien conseiller technique pour l'agriculture et l'environnement du ministre des Affaires européennes Édith Cresson (1990), 20 mai 2011*

ministres de la Recherche donne son avis préalablement. Peut-être même celui de l'Environnement. Donc on était parti pour une procédure impliquant deux ou trois conseils des ministres à Bruxelles. La tactique a alors été une tactique de ruse, un peu spontanée comme ça, c'est-à-dire que la France ne pouvant pas présenter elle-même ce projet, faire comme si cela venait d'elle [...] nous sommes intervenus auprès du premier ministre irlandais, qui à l'époque présidait le Conseil Européen, pour que la proposition soit défendue voire même proposée par l'Irlande, qui n'avait aucun intérêt pour elle... Alors que c'était vraiment une décision mineure dans les conseils des ministres de cette époque-là, le projet a été présenté dès mai, et la décision a été prise au conseil des ministres de juin, un peu par surprise comme je vous l'ai dit : assez rapidement ! D'autant plus que ces histoires de Coupe du monde sont tout à fait vraies : il y avait des matches concernant l'Italie, l'Irlande... et la décision s'est prise dans une sorte de volonté à la fois de se donner du bon temps en regardant des matches, mais aussi de régler ce problème et de ne plus l'avoir devant soi. Donc les ministres de la Recherche n'ont pas été consultés, *a priori*. L'Environnement non plus et les choses se sont passées ainsi. La décision n'était pas extraordinaire, elle restait assez proche de la position de la Commission, mais elle permettait de produire sur 30% des surfaces en jachère des productions pour du non alimentaire. On parlait de non alimentaire, on ne parlait surtout pas de biocarburants. À titre expérimental, avec des expérimentations de transformation industrielle : là aussi, des usines devaient être expérimentales, et un rapport d'évaluation devait être fait pour l'année qui suit. Le règlement est devenu exécutif à partir du 24 juillet. Dès août, septembre, c'était ça aussi qui était important : on pouvait envisager des semis dès l'automne.¹⁵

De ce long témoignage, nous retenons notamment la nécessité (non par complot, mais comme stratégie efficace d'écriture, sans doute fréquente dans le processus d'élaboration de textes réglementaires) d'occulter non seulement l'identité et la nationalité des bénéficiaires de la mesure, mais aussi l'objet même de leurs vœux : l'idée toute simple qu'il est question de biocarburants derrière le vaste et vague qualificatif de « non alimentaire ». La première réglementation européenne concernant les biocarburants¹⁶, qui a permis leur développement dans toute l'Europe, et la position dominante de la France en ce domaine, ne cite donc pas leur nom ; le choix de la miscibilité sociale commençait par cet acte.

Si le règlement mentionne des expérimentations de transformation industrielle, il est intéressant de noter la stratégie d'évitement conduite pour empêcher la tenue du conseil des ministres de la Recherche européens, et toute requête auprès du monde de la recherche en général. La France défend une solution directement applicable dans les champs, pour satisfaire ses agriculteurs, ce qui entre en totale opposition avec l'approche des plans Carburol et Hervé et les premiers pilotes – plus ambitieux technologiquement – de Soustons et Clamecy. Car, comme le rappelle un président de pôle de compétitivité, dont la structure rassemble pourtant nombre d'acteurs industriels majeurs dans la production de ce type de biocarburants : « Objectivement, dans la première génération il n'y avait pas de quoi se rouler par terre quand même hein. Faire de la fermentation alcoolique par exemple, on sait faire ça depuis toujours. Avec des grains faire de l'huile, ou de l'amidon, du sucre, il n'y a pas de quoi pavaner. Bon bien sûr il y avait des progrès de procédés, mais ce ne sont pas des progrès... ils sont périphériques. »¹⁷. De nombreux

15. Entretien avec un ancien conseiller technique pour l'agriculture et l'environnement du ministre des Affaires européennes Édith Cresson (1990), 20 mai 2011

16. Règlement (CEE) 2176/90 du Conseil du 24 juillet 1990 modifiant le règlement (CEE) 797/85 concernant l'amélioration de l'efficacité des structures agricoles, 1990

17. Entretien avec un professeur des universités, ancien directeur du Programme National des Biotechnologies et président d'un pôle de compétitivité, 11 mar. 2009

autres entretiens montrent que cette vision est partagée ; certains acteurs toutefois soulignent les difficultés, sous-estimées, que rencontre une recherche technologique concentrée sur l'application industrielle des procédés et ils invitent donc à ne pas dénigrer cette étape, indispensable, à la réalisation effective des enjeux sociaux de la recherche. Les agriculteurs avaient donc conçu et porté finement leurs revendications au niveau européen, mais eux-mêmes furent surpris de leur succès :

[Une fois le Conseil terminé], dehors, [nous voyons] des banderoles de la FNSEA et son président, devant des cars marchant au bioéthanol, venus de Caen et Rouen, avec cent ou deux cents agriculteurs et quelques tracteurs, prêts à manifester contre la Commission. Mais il n'y a plus lieu d'être en colère. Ils sont curieusement désemparés... Aucun journaliste n'est là pour leur parler. Un peu plus tard, ils manifesteront leur satisfaction par des communiqués.¹⁸

Ils n'avaient provoqué, avec ce règlement puis au sein de la réforme Mac Sharry, qu'une condition favorable au développement des biocarburants, mais les voies de succès et la forme spécifique que prendraient ceux-ci restaient encore à inventer.

1.2.2 Un ester méthylique d'huile végétale, le choix du colza

Que planter sur les nouvelles jachères, dites industrielles et destinées à des productions non alimentaires ? La question est débattue, notamment à l'Assemblée nationale. Mais, rapidement, un concurrent l'emporte sur tous les autres. Une fois encore, c'est la filière oléagineuse qui réussit à imposer son candidat : le gel industriel dépasse rapidement le million d'hectares, sur lequel sont cultivés des oléagineux à près de 95%, très majoritairement du colza.

De l'inocuité des petites fleurs jaunes

M. André Billardon, ministre délégué à l'énergie [PS] — La question fondamentale que vous posez, monsieur Galley, est celle-ci : comment répondre, dans les meilleures conditions, au traumatisme de la jachère ? Pour y répondre, nous nous sommes demandés à la fois qu'elle était la meilleure filière industrielle et, dès lors qu'on esquissait une solution, quelle était la meilleure formule financière pour combler ce que j'appellerais le *gap*, c'est-à-dire l'inévitable surcoût de la filière. Si je m'oppose à la proposition d'incorporation obligatoire de biocarburants dans tous les carburants, c'est parce qu'elle profiterait essentiellement à la seule filière aujourd'hui prête à fonctionner, c'est-à-dire celle qui, à partir de la betterave, produit de l'éthanol et éventuellement, en aval, de l'ETBE. Vous m'accorderez que la solution au problème de la jachère n'est pas d'en faire de la jachère énergétique ; ce n'est pas la bonne filière.

M. Robert Galley [RPR] — C'est même idiot !

M. le ministre délégué à l'énergie — Vous êtes d'accord avec moi, j'en suis heureux. Ayant examiné la situation plus avant, nous sommes parvenus au constat que la filière qui répondait le mieux aux besoins du monde agricole était celle qui fournissait de l'ester de colza.

M. Robert Galley — D'accord !¹⁹

La recherche de « la meilleure filière industrielle » équivalait donc à trouver « la filière qui répondait le mieux aux besoins du monde agricole ». Le colza, et son ester, doivent leur sou-

18. *Entretien avec un ancien conseiller technique pour l'agriculture et l'environnement du ministre des Affaires européennes Édith Cresson (1990)*, 20 mai 2011

19. *Discussion de l'article 66 du projet de loi des finances pour 1993*, 11 déc. 1992

tien public à cette caractéristique sociale essentielle, essentielle en tout cas pour des députés, de gauche comme de droite, représentant leurs lobbies agricoles locaux : elle est celle qui satisfait le plus la profession agricole. L'ancien animateur thématique de la biomasse à l'INRA explicite les raisons de cette satisfaction, dans un entretien qu'il m'accorde au siège social de la Confédération générale des planteurs de betterave avant un conseil d'administration :

La justification du Diester, c'était en 1992 : c'était la PAC et le colza. Bon, c'est peut-être *off*, mais bon, mes collègues de filière oléagineuse le savent, et Jean-Claude Sourie l'a dit haut et fort²⁰ : à l'époque il fallait arroser le maximum de monde, donc ça a été la filière oléagineuse. Et il y a eu conjonction entre le fait que le lobby agricole était satisfait et qu'on permettait au lobby pétrolier d'éponger un peu les manques de gazole et d'exporter un peu plus d'essence. C'était juteux.²¹

L'objectif d'« arroser le maximum de monde », certes peu conforme au bien public, est un but dont on peut aisément comprendre la pertinence politique dans un contexte donné. Mais pourquoi la filière oléagineuse – et tout particulièrement le colza – permettait-elle plus qu'une autre de l'atteindre ? Un directeur de recherche au CIRAD répond indirectement à cette question, en jouant fictivement un dialogue qu'il déplore avoir à tenir régulièrement lorsqu'on l'accuse de nuire, par son activité de chercheur sur les biocarburants, à l'environnement et à la planète tout entière :

Alors si on explique ça et qu'on leur dit :

« Mais vous savez, les producteurs de colza n'existent pas, c'est de l'agriculture.

— Comment ça, ça n'existe pas un producteur de colza ?

— Non ! les gens qui produisent du colza le font en rotation. C'est la seule raison : justement pour gagner un peu d'intrants chimiques, ça tombe bien. On sait bien que quand on a mis du colza un an, derrière on va avoir de très bons rendements en blé par exemple, on fait ça pour ça et on ne fait pas ça deux fois sur le même terrain la même année : ça n'a pas d'intérêt. »

Alors ça, déjà, c'est compliqué à faire comprendre puisque :

« Mais, moi, je le vois bien toutes les années, en face de chez moi, il y a des champs jaunes !

— Si tu regardais bien, tu verrais que l'an prochain, c'est celui d'à côté, mais sûrement pas le même... »

Donc c'est compliqué, l'agriculture, en plus, les gens sont vexés de ne rien y connaître... »²²

C'est donc la répartition distribuée du colza, le fait qu'aucun agriculteur ne se dise seulement – voire même principalement – producteur de colza, qui explique à la fois son intérêt et sa transparence. Son intérêt d'abord, car offrir des débouchés au colza c'est indirectement soutenir plus d'exploitants – en tout cas céréaliers – qu'aucune autre plante ne le pourrait : beaucoup l'utilisent en tête de rotation (plus souvent que le tournesol, qui peut aussi jouer ce rôle), afin de restaurer la matière organique des sols au cours d'une saison de culture, leur apporter azote et potassium. Sa transparence ensuite, qui constitue une caractéristique importante du biodiesel aujourd'hui, même fortuite : la production agricole oléagineuse, distribuée très largement, ne peut focaliser la colère sociale en un endroit en particulier. Des champs de colza épars, aux jolies fleurs jaune vif, n'ont pas provoqué le même impact visuel que des champs de maïs à perte de

20. L'interviewé fait ici référence à la parution d'un article de Sourie, Tréguer et Rozakis (2005) et son fort retentissement dans le milieu des biocarburants en France, cf. p. 93.

21. *Entretien avec un ancien président de centre, en charge de la thématique Biomasse à l'INRA*, 12 mar. 2009

22. *Entretien avec un directeur de recherches sur la biomasse énergie du CIRAD*, 16 mar. 2009

vue, ou des fermes d'éoliennes, ni le même impact olfactif que des digesteurs de méthanisation à la ferme que développent des pays du Nord de l'Europe et l'Allemagne notamment.

Ce caractère miscible, non seulement du biodiesel dans le gazole, mais aussi des champs dans le paysage français, et européen, n'est-il pas pris en défaut à l'endroit de sa production industrielle ? Non, car tout comme l'industrie pétrolière à ses débuts, la filière biodiesel française s'est rapidement structurée autour d'un unique acteur monopolistique, qui traite des volumes très importants. Ses unités de transestérification ont donc directement pris place dans des zones industrielles spécifiques, où elles sont invisibles : les ports. Les principales usines françaises de Diester Industrie sont en effet situées à Grand-Couronne (sur la Seine, près de Rouen, côtoyant des usines pétrochimiques), Bassens (dans l'estuaire de Bordeaux), Sète, Montoir-de-Bretagne (près de Saint-Nazaire), Cappelle-la-Grande (près de Dunkerque) : seuls les sites de Venette et du Mériot, dans l'Oise et l'Aube, sont situés au milieu du pays. Mais ils le sont au cœur du berceau historique des biocarburants que constituent les régions Champagne-Ardenne et Picardie, et où de nombreuses industries de transformation agroalimentaires sont implantées depuis longtemps. Pour une bonne part, la production d'huile alimentaire et la production d'huile non alimentaire partagent les mêmes infrastructures. C'est aussi sur ces terres-là, déjà productrices de betteraves aux débouchés non alimentaires comme nous l'avons mentionné précédemment, que se concentre la production actuelle de colza non alimentaire (principalement dans la Marne et l'Aube, données CETIOM 2008).

Ainsi, alors que des sociologues, par exemple aux États-Unis, peuvent mobiliser des analyses de mouvements sociaux ou d'imaginaires technologiques pour étudier des situations de controverse locale autour d'usines d'éthanol (programme de recherche que conduisent notamment Eaton, Gasteyer et Busch (2014) dans le Michigan), il n'existe aucune mobilisation sociale de la sorte contre les biocarburants – malgré leur image écornée – à laquelle s'intéresser en France.

Sofiprotéol, roi du pétrole

Qui sont les acteurs présents derrière Diester Industrie, acteur monopolistique du biodiesel en France et en Europe ? La structure est une filiale qui appartient majoritairement, mais non exclusivement (cf. le très complexe organigramme du groupe, figure 1.7, p. 79), au groupe Sofiprotéol (renommé Avril en 2015). Sofiprotéol est né en 1983 à l'initiative des organismes professionnels et interprofessionnels de la filière oléagineuse et protéagineuse, qui en possèdent aujourd'hui encore deux tiers des capitaux. Ce mastodonte a réalisé un chiffre d'affaires de 7,3 milliards d'euros en 2012, dont 2,7 par sa filiale de biocarburants Diester Industrie. L'actuel président de Sofiprotéol, Xavier Beulin, partisan de la première heure des biocarburants dans la région Centre, se trouve par ailleurs être, depuis 2010, le président de la FNSEA.²³

23. Fédération nationale des syndicats d'exploitants agricoles, principal syndicat agricole français, ayant longtemps cogéré le ministère de l'Agriculture, et toujours majoritaire.

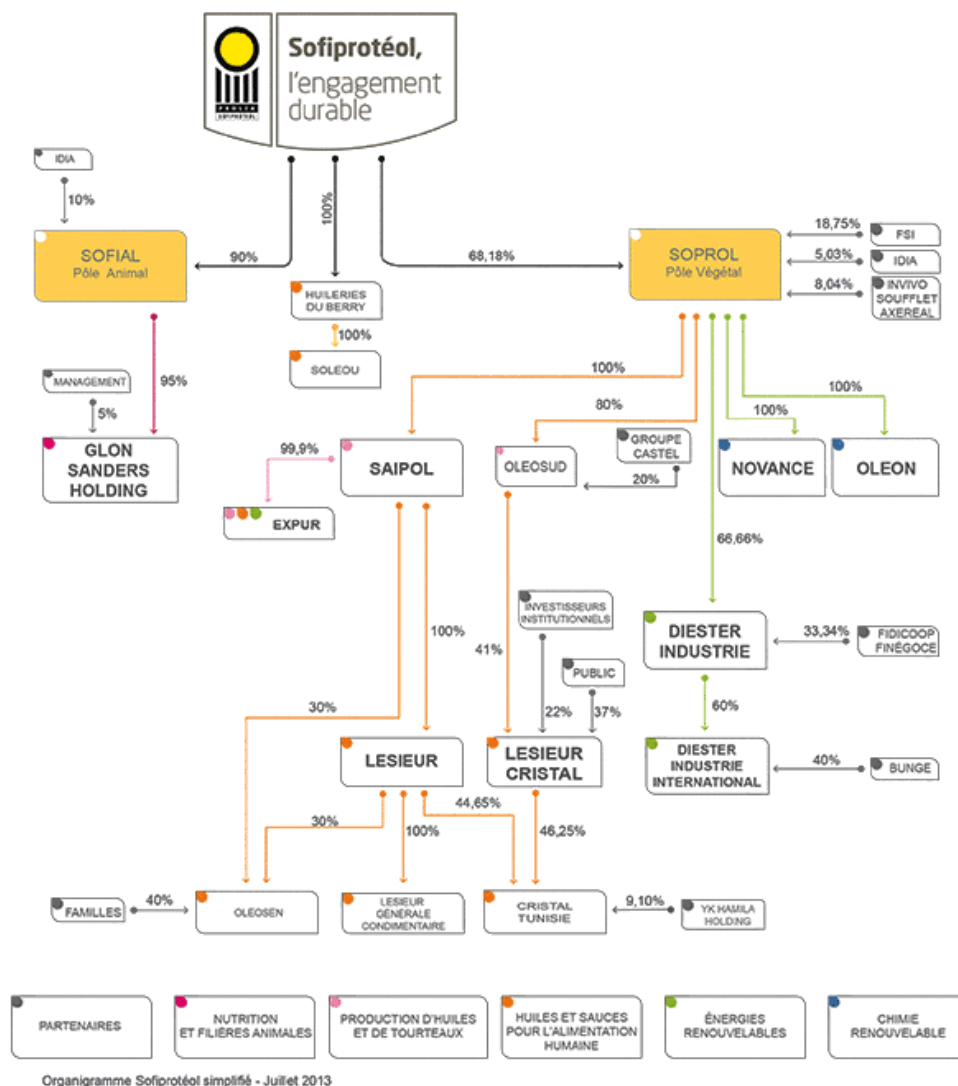


FIGURE 1.7 – Organigramme du groupe Sofiprotéol. Source : Sofiprotéol

L'ancien directeur de l'innovation du groupe, revient sur les raisons – internes à la profession oléagineuse – qui ont conduit au développement d'un biocarburant à partir du colza spécifiquement. Il explique aussi la nécessité d'inventer, au-delà du procédé classique de trituration, une méthode de transestérification, de manière à ce que l'huile produite s'adapte aux moteurs existants, et non l'inverse.

Au milieu des années 1980, les dirigeants agricoles sentaient venir la réforme de la PAC ou autre, et il y avait aussi à l'époque une sous-utilisation d'huile de colza : un certain nombre de problèmes avaient été soulevés à tort sur les anciennes huiles de colza et l'huile de colza avait une très mauvaise image de marque auprès de la ménagère. Donc les consommations, qui à un moment avec les huiles supérieures de Lesieur s'étaient élevées très très haut, avaient replongé. Et on s'était dit : on diminue les cultures d'oléagineux, mais ça pose problème parce qu'on est quand même excessivement déficitaire en matière riche en protéines – c'était le soja qui était le plus répandu – ou, si on continue la culture des oléagineux, qui sont intéressants par les protéines, mais aussi par les têtes d'assolement (éviter de faire céréale sur céréale), il faut trouver de nouveaux débouchés aux huiles de colza. Et ces nouveaux débouchés c'était bien sûr l'alimentation humaine, parce que c'est une huile excellente, maintenant ça a été prouvé et reconnu, mais aussi des utilisations non alimentaires. Et dans les utilisations non alimentaires, le développement le plus vaste était les carburants. On avait

pensé utiliser les huiles en l'état, mais les motoristes, les pétroliers, l'Institut français du pétrole nous ont rapidement fait comprendre que les caractéristiques physico-chimiques étaient quand même très éloignées entre une huile et un gazole et qu'ils n'allaient pas développer des moteurs pour nos beaux yeux : c'était à nous de nous adapter. Et une voie d'adaptation simple, c'était la transestérification. On a collaboré à partir de 1985 avec l'IFP, donc on a fait quelques charges limitées sur un pilote qui était installé à Compiègne, un pilote d'un mètre cube : vous voyez que ça pissait pas très loin.²⁴

La filière oléagineuse a réussi à construire des partenariats avec les motoristes et pétroliers, ce que l'éthanol ne parvint pas à mettre en place. C'est l'Institut français du pétrole qui joue le rôle d'intermédiaire et autour duquel travaillent conjointement les différents acteurs. Comment expliquer cette volonté de coopération et la réussite effective des expérimentations collaboratives ? Le monde pétrolier était plutôt réticent aux biocarburants : aujourd'hui encore, le pétrolier national ne communique pas sur ce volet et c'est sous un angle purement légal – l'obligation par l'État d'incorporation d'un certain pourcentage – que la responsable des biocarburants dans le groupe présentait la raison d'être de son activité²⁵ (alors que ce même groupe investit cependant beaucoup dans la recherche sur le domaine aux États-Unis). Les pétroliers font cependant une distinction entre bioéthanol et biodiesel, ce que souligne le directeur de l'innovation de Sofiprotéol :

On a convaincu par expérimentation en commun. Il y a... je ne vais pas dire de mal de mes petits collègues des autres filières qui disaient : ça marche au Brésil, ça marche aux États-Unis donc il n'y a pas de raison que ça ne marche pas chez nous. Ben nous on n'avait pas cet argument, parce qu'on était les premiers, ça marchait pas du tout ailleurs. On a dit : on va expérimenter ensemble. Ça, c'est notre approche, qui était logique et finaude, mais il y a aussi le fait qu'on se trouve sur un marché structurellement déficitaire en gazole. La diésélisation du parc est de plus en plus marquée, on ne peut pas tout faire avec un brut et on se retrouve déficitaire en gazole et excédentaire en essence. Donc on est mieux vus effectivement que les éthanoliers [...]. [Les pétroliers,] quand ils mettent de l'éthanol, ils sont obligés d'exporter plus d'essence. Pendant longtemps, ça n'a pas posé de problèmes ; il semblerait que ça soit plus gênant maintenant puisque les Américains qui avaient des 4x4 qui bouffaient 14L aux 100 sont allés vers des véhicules plus sobres... Enfin bon c'est l'expérimentation commune avec les différents partenaires pétroliers, équipementiers, motoristes, qui les a convaincus de l'innocuité et je dirai même plus [...] des avantages du Diester. Parce qu'il y a un avantage important qui est son pouvoir lubrifiant : c'est un lubrifiant, ça évite aussi aux pétroliers à mettre des additifs de lubrification. Et puis maintenant, ils sont intéressés parce que ça leur permet de communiquer sur les économies de CO_2 .²⁶

En effet si la France est largement déficitaire en gazole, son faible marché national la rend exportatrice nette d'essence. La conjonction des intérêts agricoles, pétroliers, et automobiles puisque les motoristes ne devaient pas modifier leur technologie, prit donc forme autour de la fabrication d'un ester méthylique d'huile végétale (EMHV) à partir du colza.

L'EMHV, une forme d'énergie miscible

Si cet ester convenait à tous, c'est qu'il sût ne déplaire à aucun en s'adaptant, au point de devenir invisible, aux systèmes technologiques ou infrastructurels développés par chacun. Son

24. Entretien avec le directeur de l'innovation à Sofiprotéol, 6 mar. 2009

25. Entretien avec la responsable Biocarburants chez Total, directrice de l'European Biofuel Technology Platform, 13 mai 2009, cf p. 100

26. Entretien avec le directeur de l'innovation à Sofiprotéol, 6 mar. 2009

succès tient donc à sa miscibilité, sa capacité à se dissoudre dans un environnement dont il partage l'existence. Le processus d'invisibilisation de cette innovation apparaît clairement si on compare ce développement à celui, récent, de l'éthanol (principalement issu de blé ou betterave en France, moins de maïs), qui expérimenta une stratégie symétriquement opposée. La création d'un produit spécifique en station essence, le super éthanol, fortement promu à grand renfort de publicité, sous la forme d'E85 en 2007 (soit 85% d'éthanol dans l'essence vendue) connut un échec retentissant vu le faible nombre de véhicules au moteur *flex-fuel* adapté en circulation, et mobilisa des oppositions diverses. Comme le regrette ce président d'un pôle de compétitivité à l'origine de l'initiative :

Nous, on est allé très loin avec cette histoire d'E85. Le pôle a été impliqué – là, à mon avis, c'était une erreur – de manière trop importante sur la comm' sur la première génération. Ce qu'on n'aurait jamais dû faire, c'est être impliqué dans cette histoire de la pub sur l'E85. Je ne le critique pas, parce qu'il nous a rendu tellement de services, mais mon prédécesseur, comme il n'est pas scientifique ou technologue, s'est laissé bourrer le mou par quelques élus et des gars de la Marne, et ils ont monté le coup foireux avec leur histoire de l'E85, qui était plus ou moins bidon.²⁷

Le supercarburant sans plomb SP95E10, ou encore E10, suppléant en partie depuis 2009 le sans plomb 95 classique (qui contenait déjà, sans que cela ne soit publicisé, 5% d'éthanol), afficha lui aussi au grand jour ses 10% de bioéthanol en pompe. La hausse du prix de l'essence continue jusqu'en 2014 incita certains automobilistes à opérer la substitution, puisque l'E10 est vendu en moyenne 3,5 centimes moins cher le litre que les autres essences. S'il représente aujourd'hui avec succès 32% des essences vendues, il s'exposa cependant à des critiques publiques, notamment parce que son plein permet de rouler moins longtemps qu'un plein de SP95 classique, ce qui amena l'UFC-Que Choisir à le qualifier de « carburant de trop ».

Dans *Carbon Democracy : Political Power in the Age of Oil*, Timothy T. Mitchell (2011) postule un lien direct entre d'une part l'exploitation de certaines sources et les modes de production énergétiques, et d'autre part le développement démocratique d'une société. Faisant le constat d'une surreprésentation des dictatures parmi les principaux pays producteurs de pétrole, il leur oppose le contexte de la révolution industrielle anglaise du XIX^e siècle, fondée sur l'utilisation de la machine à vapeur et nourrie par les mines de charbon du Nord de l'Europe. Selon Mitchell, la multiplication des luttes syndicales et l'essor démocratique qu'elles permirent sont en effet intrinsèquement liés aux formes matérielles prises par l'exploitation énergétique au sein de la même société. Un facteur essentiel consiste en l'hyper concentration des ressources, sous terre : propice à la tenue des réunions clandestines hors de portée des patrons, voire des contremaîtres, elle permet surtout une prise de contrôle potentiellement paralysante de la chaîne logistique de production et transport, par opposition au réseau distribué du bois de chauffage. Dans les mines ou sur les voies de chemins de fer qui desservent les centres urbains énergivores, par la maîtrise de ces points de passage obligés, des ouvriers en grève purent faire aboutir leurs revendications, et ainsi progressivement améliorer, dans l'adversité, leurs conditions de

²⁷. Entretien avec un professeur des universités, ancien directeur du Programme National des Biotechnologies et président d'un pôle de compétitivité, 11 mar. 2009

travail et de vie, et par extension celles de tous leurs pairs. Si l'or noir n'est pas moins concentré localement en quelques puits, Timothy Mitchell attribue à son état liquide, par opposition au charbon solide, un fondement matériel et technologique déterminant au développement de sociétés bien peu démocratiques. Un puits requiert beaucoup moins de main d'œuvre qu'une mine ; un pipeline vandalisé peut être tari en amont et son pétrole rerouté, les cargos pétroliers enfin ne connaissent jamais leur destination finale et en cas de soulèvement ouvrier, politique ou de guerre, changent de cap aussitôt, assurant en flux tendus l'approvisionnement énergétique à l'échelle planétaire.

Cette approche relevant de ce qui a parfois été nommé un « déterminisme technologique », et dans le cas de Mitchell, faisant peu cas de nuances au service d'une thèse forte, a l'avantage de lier l'étude concrète des formes matérielles techniques, des infrastructures, à celle des enjeux et jeux de pouvoirs sociaux et politiques. Certains acteurs du monde des bioénergies établissent eux aussi de tels liens entre leurs activités et un idéal démocratique, surtout lorsqu'ils évoquent la production de biocarburants à l'échelle locale ou régionale, dans des pays en voie de développement. Ainsi, ce directeur de recherches au CIRAD clôt-il notre entretien par ce qui, pour lui, motive fondamentalement son action pour le développement de systèmes de panneaux photovoltaïques, mais aussi le développement de biocarburants à partir de plantations poussant en milieu semi-aride, comme le *Jatropha curcas* :

Rien que de ne plus avoir à transporter toutes les semaines un bidon de gazole, que ce ne soit plus le chef qui contrôle cet approvisionnement, rien que ça, ça fait la différence. Ce n'est pas anodin ! Le gazole qui va faire marcher le groupe [électrogène], qui donnera la lumière, ça c'est un facteur social fort. Là, c'est le soleil : le chef, le fils du chef machin, il fait ce qu'il fait, mais de toute façon, quand il y a le soleil, ça pompe. Ce n'est pas la même chose !²⁸

Plus que tout autre infrastructure technologique, c'est le développement des réseaux et systèmes énergétiques en particulier qui, depuis Thomas P. T. P. Hughes (1983), a les faveurs des sociologues de ce courant. Ainsi, pour Langdon Winner (1980, 1986), le déploiement d'une énergie d'origine nucléaire et le degré de centralisation d'un État bureaucratique, indispensable au contrôle des filières du plutonium et de l'uranium, vont de pair. En ce qui concerne l'impact social des énergies renouvelables, il note :

Certains partisans des énergies renouvelables croient désormais avoir découvert un ensemble de technologies intrinsèquement démocratiques, égalitaires, communautaires. Je pense cependant que les conséquences sociales de la construction de systèmes d'énergie renouvelable dépendront des configurations spécifiques à la fois des matériaux et des institutions sociales créés pour nous délivrer cette énergie.

Winner (1980, p. 135), notre traduction

La forme spécifique de biodiesel issue du colza, l'ester méthylique d'huile végétale, est triplement miscible : dans le gazole en ne nécessitant aucune adaptation des moteurs et des systèmes de distribution, dans les paysages agricole des champs et industriel des ports, dans

28. Entretien avec un directeur de recherches sur la biomasse énergie du CIRAD, 16 mar. 2009

l'espace social en conséquence, où l'augmentation progressive de la part de biocarburants dans les mélanges vendus à la pompe demeura inconnue. Le choix de la miscibilité pour toute matérialité et comme forme d'existence sociale par défaut des biocarburants (et, au premier chef, de l'EMHV) dans l'espace français et européen, montre en effet combien une synergie entre la transition vers des systèmes d'énergie renouvelable et les enjeux démocratiques au cœur de nos sociétés est loin d'être acquise. En satisfaisant les lobbys réunis de la filière oléoprotéagineuse, des pétroliers et des motoristes et équipementiers, cette stratégie d'invisibilisation des développements politique et technologique contourna sciemment le citoyen. Et ce de manière pérenne : si les controverses qui émergèrent récemment à l'échelle mondiale ternirent l'image publique des biocarburants, elles n'eurent qu'un impact relatif sur son marché et ses consommateurs, qui ignoraient toujours en consommer.

1.3 Un monopole construit sur des luttes définitionnelles

Cette forme miscible ne prévint pas totalement la survenue d'adversités, de luttes. Celles-ci surgirent principalement dans des arènes réglementaires et juridiques, dès lors que les biocarburants n'étaient concrètement saisissables que par les subventions dont ils faisaient l'objet. Pour remettre en cause ce soutien public, c'est la définition même d'un biocarburant qui devint le sujet des débats, ses détracteurs visant à circonscrire autant que possible son périmètre. En restreignant les possibles et réduisant la définition d'un biocarburant à la portion congrue, ces disputes firent le jeu d'un acteur, devenu progressivement monopolistique : Sofiprotéol et son « Diester », nom commercial d'une forme de biodiesel issu du colza, l'EMHV précédemment décrit.

1.3.1 La distinction par la défiscalisation (1994-2007)

La possibilité de cultiver des plants à vocation énergétique, obtenue à l'échelle européenne, et la préférence pour la filière oléagineuse, ne suffisaient pas seules à permettre le développement économique concret des biocarburants. Pour qu'un marché existât, il fallait assurer leur rentabilité au regard d'un pétrole particulièrement bon marché. Des subventions étaient alors indispensables ; vue l'immense marge de l'État sur la consommation de produits pétroliers à la pompe, celles-ci pouvaient prendre la forme d'une « simple » défiscalisation. Mais le manque à gagner pour la puissance publique, et les énergéticiens concurrents, ne passa pas sans heurts.

Le rapport Lévy, aussi bien écrit qu'il fut mal lu

En septembre 1992, le premier ministre Pierre Bérégovoy mandate Raymond Lévy, alors PDG de Renault, pour produire un rapport sur les biocarburants, afin d'évaluer l'opportunité de poursuivre, et donc subventionner, leur développement. Tous les acteurs clefs des biocarburants sont réunis au sein de sous-groupes de travail, pour contribuer collectivement à la production

du rapport. À sa lecture cependant, il apparaît clairement que celui-ci est avant tout une œuvre individuelle, aussi singulière que son auteur. Ce que confirme un membre de la commission, économiste représentant l'INRA :

Lévy, c'était un type impressionnant, si j'avais réfléchi, je n'y serais pas allé : PDG de Renault, X Mines, IFP... Mais il était très respectueux, ça c'est très bien passé.²⁹

Major de Polytechnique, des Mines, passé par le MIT, la vice-présidence d'Elf-Aquitaine, puis la direction d'Usinor avant celle de Renault, Raymond Lévy est un très bon connaisseur du monde de l'énergie, en même temps qu'un vrai produit et vecteur de la technocratie française – ce que traduit son attachement au corps des Mines, qu'il a dirigé en tant que vice-président du conseil général³⁰. Dans l'une des nombreuses notes qui ponctuent son rapport d'un style oral, libre, on peut par exemple clairement lire son attachement à la filière nucléaire française, qui lui tient lieu de fibre environnementale :

Puis-je ajouter à ce propos combien il me paraîtrait dérisoire de justifier, même partiellement, des dépenses importantes par une réduction, au profit de la planète entière, de quelques millièmes, du seul effet de serre produit par les consommations énergétiques françaises ? Et plus encore si l'on se souvient que la politique nucléaire française apporte, elle, à cette réduction une contribution de plusieurs dizaines pour cent !

Lévy (1993, p. 8)

C'est donc sous un angle d'abord énergétique, puis économique, que Lévy aborde la question du développement des biocarburants. Alors que de fortes pressions, diverses, pèsent sur la commission, comme le relate un membre :

J'ai dû passer chez les socialistes. Pour savoir ce que j'allais faire, j'ai eu une invitation rue de Solférino. Ils ont posé des questions – le responsable agriculture m'a posé des questions, comme un examen préalable pour savoir si je pouvais y aller : ça m'a surpris ! [...] La salle dans laquelle on se réunissait se trouvait au Ministère de l'Agriculture, rue de Varennes : devant, des manifestants agricoles faisaient tourner des betteraves au dessus de leurs têtes. Lévy leur a dit que s'ils nous embêtaient, il n'y aurait pas de réunion. Un agriculteur qui roule les « r » lui répond : « On n'est pas sûr que vous allez les défendre, les biocarburants ! » ; Lévy, furieux, souhaitait s'en aller, refusant de défendre quoi que ce soit *a priori*³¹

Et, de fait, le rapport Lévy met, sans ambages, les pieds dans le plat, en rabattant la question des biocarburants à sa seule dimension agricole :

Nous pensons que notre étude aura montré que le problème posé aujourd'hui n'est pas un problème énergétique, mais seulement un problème agricole. Il s'agit d'atténuer, pour notre agriculture, le choc de la nouvelle PAC et de la mise en jachère. [...] Pour ma part, je recommanderais certainement *que cette voie ne soit pas empruntée, si elle n'était pas considérée comme partie intégrante d'une action de recherche et de développement*³² visant à la pleine compétitivité de la production d'énergies d'origine biologique à l'échéance

29. Entretien avec un ancien directeur de laboratoire d'économie publique et rurale de l'INRA, 12 sept. 2011

30. Le président, titre honorifique, en est le ministre de l'Industrie en exercice.

31. Entretien avec un ancien directeur de laboratoire d'économie publique et rurale de l'INRA, 12 sept. 2011

32. Souligné dans le texte original.

de quelques décennies, et si elle n'était pas, de ce fait *soumise à toutes les conditions d'une action expérimentale à laquelle s'imposent des objectifs de progrès*³³.

Lévy (ibid., p. 13)

Lévy, qui conteste l'intérêt de développer des biocarburants du point de vue énergétique (« la production de biocarburants consomme un volume d'énergie fossile qui représente 90% (éthanol) ou 53% (colza) du pouvoir calorifique disponible sous forme de biocarburants » (ibid., p. 8)), les réintègre au sein de la R&D, sur du très long terme : il propose de son propre chef de multiplier de deux à trois fois le délai de 10–15 ans prévu par l'animateur du sous-groupe recherche pour qu'écluse un contexte économique réellement favorable, soutenable. Il précise bien, anticipant la controverse *Food versus Fuel* :

Toute disposition permettant *la substitution de cultures industrielles à des cultures alimentaires nous paraît devoir être bannie*³⁴, compte-tenu de son coût prohibitif et de ses résultats macro-économiques désastreux.

Lévy (ibid., p. 14)

Quelles furent les réactions et conséquences à ce rapport, clair et clairement critique ? Les représentants des filières agricoles, au sein du sous-groupe macro-économique, regrettèrent officiellement, en annexes, que le rapport « ne reflète pas une image fidèle de [leurs] travaux ». Mais, très vite, une lecture biaisée du rapport prévalut, en ne retenant que les possibilités de développement futur, tout en omettant les conditions *sine qua non* qu'il posait. Ainsi, à une question écrite du député RPR de l'Oise Philippe Marini, qui demande au Premier ministre :

[...] de lui préciser la suite qu'il envisage de réserver aux conclusions du rapport Lévy sur les biocarburants [alors que lui-même] souhaite une action volontaire des pouvoirs publics en faveur de ces produits. Il souligne en particulier que l'incorporation au gazole du diester, produit obtenu à partir de colza, de soja ou de tournesol, pourrait être autorisée à hauteur de 5 p. 100 et serait donc une contribution appréciable au développement de ces productions agricoles.³⁵

Pierre Bérégovoy répond :

Ce rapport souligne les précautions à prendre pour parvenir à des résultats économiquement acceptables, sur une base contractuelle, ainsi que l'intérêt d'un effort durable de recherche, compte tenu du caractère prometteur du développement de la filière biocarburants pour l'avenir. Dans cette perspective, conformément aux décisions prises dans la loi de finances pour 1993, M. Jean-Pierre Soisson, ministre de l'Agriculture et du Développement Rural, et M. André Billardon, ministre délégué à l'Énergie, ont signé le 11 février 1993 avec les professions du secteur agricole et agro-industriel et avec les groupes pétroliers français Elf et Total un protocole visant à développer la production et l'utilisation d'ester de colza, à destination notamment des collectivités locales.³⁶

Lévy préconisait de ne soutenir le développement d'aucune filière de biocarburants, mais, il précisait, tombant de Charybde en Scylla, que l'ester méthylique de colza s'en sortait mieux que sa filière concurrente, l'ETBE (éther éthyle tertiobutyle, éthanol issu de betterave). La moins pire

33. Souligné dans le texte original.

34. Souligné dans le texte original.

35. *Question au Premier ministre : utilisation des biocarburants*, 5 nov. 1992

36. *Réponse du Premier ministre à la question écrite 23359 du 5 novembre 1992 du député Philippe Marini*, 25 mar. 1993

des filières devint aussitôt la meilleure. Dans le cadre d'une loi de finances rectificative³⁷, on inscrivit une disposition qui réservait l'exonération fiscale de la taxe intérieure sur les produits pétroliers (TIPP) aux seuls biocarburants obtenus à partir de la culture de terres en jachère. Ce texte prévoyait par ailleurs la possibilité de garantir l'environnement fiscal des industriels qui souhaitaient investir dans la construction d'unités de production de biocarburants. L'ester méthylique de colza pouvait être incorporé au fioul domestique. Toutes ces mesures allaient tout à fait à l'encontre des recommandations de Lévy, qui n'envisageait des encouragements financiers qu'au cas par cas, mais rien de général, ni de pérenne.

Comme le résume la Cour des comptes (2012, p. 47), « les réticences de Lévy ne furent pas retenues ». De son rapport, on ne préserva que son volontarisme sur le volet recherche : lancer une véritable action de recherche et de développement, au travers d'un « organisme [...] travaillant en liaison avec l'ADEME, [qui] devrait notamment pouvoir exploiter les capacités de l'INRA, de l'IFP, du CNRS et les résultats des actions expérimentales et des développements à venir. Il devrait en outre disposer de l'autorité nécessaire pour dresser lui-même, en s'appuyant sur un conseil approprié, les programmes futurs [...] et disposer d'un budget substantiel » (Lévy 1993, p. 17). Cet organisme prit effectivement corps en 1994, sous la forme du programme AGRICE (Agriculture pour la Chimie et l'Énergie), sous la tutelle de l'agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME).³⁸ Pas dupe, le ministre de l'Industrie Gérard Longuet rappela lors du premier forum européen « Les Biocarburants en Europe », qui lançait ce programme à Tours en mai 1994 :

Je voudrais revenir sur les conclusions du rapport Lévy, parce que ce rapport n'a pas été bien accueilli, il faut bien le reconnaître, par les tenants des biocarburants. Il posait cependant un certain nombre d'observations que l'on ne peut éviter et que l'on doit avoir à l'esprit si l'on ne veut pas se frotter trop brutalement à un réveil ingrat dans quelques années.

Mauguin, Bonfils et Nacfaire (1994)

Pour le ministre de l'Industrie, ainsi que pour son jeune collègue ministre du Budget Nicolas Sarkozy, les enjeux, seulement agricoles, coûtaient cher, et « l'impact des biocarburants sur l'environnement était non décisif ». Les biocarburants, devenus la seule famille de carburants défiscalisés, constituèrent l'enjeu de luttes sans fin entre Bercy et le ministère de l'Agriculture. Par crainte de soustraction à l'impôt, la pression de l'État à restreindre leur périmètre, interdit l'essor de systèmes énergétiques alternatifs, à l'échelle locale ou régionale notamment.

L'huile végétale pure en procès

Malgré la variété des réalités auxquelles renvoie le terme de biocarburants, le droit français a, dans le cas précis de ce que l'on nomme des « huiles végétales pures », statué une discrimination : elles ne sont pas des biocarburants, et ne peuvent donc pas bénéficier des privilèges qui

37. Loi 93-1353 du 30 décembre 1993

38. Sur le contenu de ce programme, des projets de recherche soutenus, et de ses successeurs, nous renvoyons au chapitre 2 (p.107), consacré à l'analyse de leurs dynamiques.

y sont liés. Pourtant, les directives européennes relatives aux biocarburants, mais aussi la législation d'autres pays, tel l'Allemagne, ne les différencient nullement. Il est donc intéressant d'étudier le cas juridique à l'origine de cette distinction en France : l'affaire Valenergol.

Alain Bédouret et Alain Juste créent en 1996 la société Valenergol (pour Valorisation énergétique des oléagineux), et produisent, par pression à froid de graines de tournesol, une huile végétale brute (HVB) aussi dite pure (HVP), qui peut servir de carburant si elle est intégrée au diesel ordinaire à hauteur d'un tiers, les tourteaux coproduits servant à l'alimentation animale. Ils vendent cette huile aux automobilistes de la région d'Agen, pour environ 4 francs le litre. Dès 1998, un contentieux naît alors avec les douanes. Les chefs d'accusation reposent sur l'absence d'autorisation à l'utilisation du nouveau carburant, mais aussi sur une évasion fiscale :

1. Sont interdites l'utilisation à la carburation, la vente ou la mise en vente pour la carburation des produits dont l'utilisation et la vente pour cet usage n'ont pas été spécialement autorisés par des arrêtés du Ministre du Budget et du Ministre de l'industrie,
2. Sans préjudice des interdictions ou pénalités qui pourraient résulter d'autres dispositions législatives, les produits utilisés ou destinés à être utilisés ou en violation des prescriptions du 1 ci-dessus sont passibles des taxes applicables au supercarburant plombé.³⁹

Les douanes reprochent à la société Valenergol d'avoir produit dix milles litres de carburant sans autorisation de la direction des hydrocarbures, et de ne pas s'être acquittée de la taxe intérieure sur les produits pétroliers (TIPP) correspondante. Des exonérations fiscales concernent les esters méthyliques d'huile végétale (EMHV) ainsi que l'éthanol sous la forme d'éthyl tertio-butyl éther (ETBE) depuis 1992⁴⁰. Ce sont deux formes très singulières de biodiesel et d'éthanol qui ont été reconnues en tant que biocarburant, et elles seules. Alain Juste réclame au ministère des Finances l'application à l'huile de tournesol des exonérations fiscales dont bénéficient déjà l'EMHV et l'ETBE. Bercy, qui a dû céder sur ces deux produits, perçoit un nouveau risque d'évasion fiscale qui est pris d'autant plus au sérieux que la production de l'huile végétale pure est incontrôlable et son procédé de fabrication à la portée de tous. « Il suffit pour cela d'une petite presse de 30 000 francs, d'une ou deux cuves en plastique et de quelques centaines de filtres à café », s'émerveille Alain Juste, qui a bricolé une batterie d'entonnoirs pour supprimer les impuretés de ce liquide visqueux. Il compare son produit au Diester de Sofiprotéol, qui irrigue notamment des flottes collectives :

Le Diester est le nom commercial de l'ester obtenu à partir d'huile et d'alcool en présence de soude. Cette huile végétale diffère de la nôtre car elle est pressée à chaud ce qui induit de substantiels coûts de fabrication et génère des gommages, inutiles à la carburation (et qui font défaut à la valeur alimentaire du tourteau obtenu). Cette estérification s'accompagne de 13 manipulations dont le coût de production est estimé à 6 F par litre de Diester pour une réduction très modique des émanations lors de la carburation dans les moteurs diesel. . . Prenons maintenant l'HVB [huile végétale brute].

39. Article 265 du Code des douanes (titre X : taxes diverses perçues par la douane, chapitre Ier : taxes intérieures)

40. Directive 92/81 du 19 octobre 1992 concernant l'harmonisation des structures des droits d'accises sur les huiles minérales

Les graisses de colza ou de tournesol sont pressées à froid, puis on décante et on filtre l'huile recueillie. Le processus de fabrication s'arrête là. Du coup, le litre d'HVB peut être commercialisé à 3,5 F environ.⁴¹

Comme les attendus des douanes le soulignent, « le secrétaire d'État au budget a rejeté la demande d'exonération de la SARL Valenergol dans la mesure où le carburant produit ne correspondait pas à un ester » : Valenergol ne bénéficiera pas d'un droit spécial, c'est donc le droit commun qui va s'appliquer lors du premier procès de la société. Celui-ci a lieu le 18 octobre 2001 au tribunal de police d'Agen et oppose les douanes à Ms. Bédouret et Juste. Si le tribunal reprend le raisonnement des douanes, il retient des circonstances atténuantes, en raison de la complexité du droit spécial mis en place, puisque même le ministre de l'Agriculture semble s'être trompé en affirmant que l'HVP n'était pas soumise à la TIPP. En effet selon la directive européenne de 1992 « tout produit destiné à être utilisé en vue d'accroître le volume final des carburants est taxé comme un carburant », et le droit français stipule que le critère d'imposition d'un produit à la TIPP est son utilisation comme carburant et non sa nature⁴². Le tribunal de police d'Agen condamne Valenergol à verser le tiers de ce que les douanes demandaient. Les deux parties, non satisfaites, feront appel de ce jugement.

L'État français gère à cette époque très difficilement ses subventions aux biocarburants. Le ministre de l'Agriculture Jean Glavany promet en 2000 de nouveaux allègements fiscaux et la construction de nouvelles unités de production de biocarburants pour calmer les agriculteurs mécontents de la hausse du prix du pétrole et faire lever leurs barrages routiers. Mais en septembre de la même année, *BP Chemicals* remporte une longue bataille juridique en obtenant du tribunal de première instance européen une réduction partielle des subventions publiques de l'État français en faveur des biocarburants ETBE versées depuis 1996. Le groupe pétrolier BP produisait en effet un éthanol de synthèse avec lequel l'ETBE rentrait en concurrence. Par son arrêt, le tribunal de première instance a partiellement annulé une décision de la Commission européenne d'avril 1997 qui avait, elle, déclaré compatible avec le marché commun le régime d'aides aux biocarburants. Bercy saute sur l'occasion pour proposer de réduire de 30% les subventions au bioéthanol. En décembre 2002, la commission des Finances de l'Assemblée nationale valide le projet de réforme des aides aux biocarburants qui lui était présenté, mais limite à 24% la baisse des subventions.

C'est dans ce contexte défavorable que s'ouvre le procès du 25 novembre 2002 de la cour d'appel d'Agen. Les deux prévenus, on le rappelle, étaient reconnus coupables de manœuvre tendant à une exonération indue de la taxe sur les produits pétroliers. La cour d'appel confirme en partie le jugement puisqu'il reconnaît les mêmes circonstances atténuantes, mais elle souligne que cette réduction ne saurait concerner les droits et taxes éludés et c'est donc, en comptant l'amende, un peu plus de 10.000 euros que doivent verser Alain Bédouret et Alain Juste.

41. « L'huile végétale rend le Diester vert de jalousie ! », *La Dépêche du Midi* du 13 fév. 1996

42. Article 265 du Code des douanes (titre X : taxes diverses perçues par la douane, chapitre 1er : taxes intérieures)

Deux faits soulignent la portée de ce que certains qualifient de premier procès des énergies renouvelables : le report du délibéré de la cour d'appel de plus d'une semaine pour recherche jurisprudentielle ainsi que la volonté de la part des prévenus de ne se porter que sur le fond, puisqu'ils ont renoncé aux exceptions de nullité soulevées dans les écritures. La cour de cassation siégeant en la chambre criminelle de Paris le 14 janvier 2004 confirme le jugement et les 10.000 euros sont prélevés de force sur les comptes bancaires des condamnés.

Des juristes se sont, depuis lors, penchés sur cette jurisprudence. S'appuyant sur le Code de l'environnement de 2003 qui stipule que « la lutte contre l'intensification de l'effet de serre et la prévention des risques liés au réchauffement climatique sont reconnues priorités nationales », Marie-Pierre Baudin-Maurin (2007) rappelle que celui-ci n'a pas un statut de déclaration, mais de norme juridique que l'on peut invoquer dans une décision de justice. *De lege lata*, elle conteste la fraude fiscale en dénonçant l'ambiguïté des textes et affirmant que ni le droit communautaire ni le droit fiscal interne n'imposent une taxation des HVP employées comme carburant. Et note qu'au début de l'affaire Valenergol (1998), le régime fiscal des biocarburants relevait d'une directive européenne portant sur les huiles minérales⁴³ : pour elle, ce titre ainsi que les deux premiers articles paraissent d'emblée exclure son application aux huiles végétales et non minérales. Pour ce qui est du droit fiscal français, elle remarque que la TIPP, comme son nom l'indique, a un domaine naturel d'application limité aux seuls produits pétroliers et considère donc son extension aux produits miscibles comme non fondée. Elle soulève aussi cet important paradoxe : comment peut-on à la fois interdire de rouler avec un carburant non autorisé et le soumettre à une taxe ? Pour Marie-Pierre Baudin-Maurin, soit le carburant est dangereux : il doit alors être interdit et les contrevenants sanctionnés pénalement, soit il ne l'est pas et il doit alors être taxé en fonction de sa pollution. Or les bénéfices écologiques sur l'effet de serre encourageraient, selon elle, à ne pas taxer du tout les HVP. *De lege ferenda*, elle proclame l'urgence d'une aide fiscale pour des raisons écologiques, en s'appuyant sur une nouvelle directive européenne de 2003⁴⁴, qui fixe des objectifs chiffrés d'incorporation progressive (2% de biocarburants dans l'essence et le diesel en 2005, 5,75% en 2010). Suite au lancement d'un plan Climat en 2004 puis d'un plan Biocarburants en 2005 sur la base d'un rapport extrêmement favorable (Marleix 2004) et par crainte d'un « retard français », les biocarburants classiques connaissent dans l'hexagone un fort développement, auquel les HVP ne sont pas associées. Elles ressurgissent dans l'arène juridique en 2006, dans une nouvelle affaire impliquant l'un des anciens protagonistes de Valenergol : Alain Juste.

Suite à sa condamnation juridique, Alain Juste crée une association de type loi 1901, qu'il nomme l'Institut Français des Huiles Végétales Pures (IFHVP). Le conseil de la communauté de communes du Villeneuveois, dirigée par un certain Jérôme Cahuzac, a décidé de passer une

43. Directive 92/81 du 19 octobre 1992 concernant l'harmonisation des structures des droits d'accises sur les huiles minérales

44. Directive 2003/30/CE du Parlement européen et du Conseil du 8 mai 2003 visant à promouvoir l'utilisation de biocarburants ou autres carburants renouvelables dans les transports

convention avec cet institut pour l'utilisation d'HVP comme biocarburant servant à faire rouler une flotte captive de véhicules. Dans le cadre des Agenda 21 locaux, de nombreuses communautés de communes ont décidé de faire rouler leur parc de véhicules utilitaires ou de transport en commun avec des biocarburants. Diester Industries a d'ailleurs organisé un réseau pour faciliter cette décision : Partenaires Diester. Le tribunal administratif de Bordeaux, saisi par les douanes dans le cas du Villeneuvois, conclut le 20 juin 2006 à une « méconnaissance des dispositions de l'article 265 ter du code des douanes ». Il décide alors d'annuler les décisions prises par le conseil de communauté des communes et rejette aussi le recours à la directive 2003/30/CE, « qui n'a pas un caractère suffisamment précis pour être normatif et qui laisse aux États membres un large pouvoir d'appréciation pour déterminer les mesures propres à atteindre leurs objectifs ». Cette directive, qui n'est alors pas encore entièrement transcrite en droit français, ne faisait en effet référence aux HVP que dans l'article 12, non prescriptif :

L'huile végétale pure provenant des plantes oléagineuses obtenue par pression, extraction ou procédés comparables, brute ou raffinée, mais sans modification chimique, peut également être utilisée comme biocarburant dans certains cas particuliers où son utilisation est compatible avec le type de moteur et les exigences correspondantes en matière d'émissions.⁴⁵

L'interprétation d'un juge européen aurait probablement été différente de celle du tribunal administratif. C'est peut-être ce que s'est dit la cour administrative d'appel de Bordeaux, qui le 13 décembre 2006, à la suite d'un recours de la communauté de communes du Villeneuvois, autorise provisoirement l'utilisation d'huiles végétales pures comme carburant, « en attendant de se prononcer sur le fond », suite aux débats parlementaires relatifs à la loi de finances 2006.

Les huiles végétales pures font aujourd'hui l'objet d'un droit spécial, mais celui-ci est particulièrement restreint. Deux lois ont permis cette reconnaissance partielle des HVP. Il y a tout d'abord la loi d'orientation agricole 2006-11 du 5 janvier 2006. Fruit d'un long travail préparatoire débuté en 2004, elle comporte plusieurs dispositions relatives au développement des biocarburants. Il s'agit essentiellement de mesures fiscales, comme la réduction de la taxe intérieure de consommation sur les produits énergétiques (TICPE, nouveau nom de la TIPP). Mais, fait nouveau, elle reconnaît en outre que les exploitants producteurs des plantes dont l'huile est issue peuvent l'utiliser comme carburant agricole, et bénéficient d'une exonération de la taxe intérieure de consommation. C'est ensuite la loi 2006-1771 de finances rectificative pour 2006 qui ajoute un troisième paragraphe à l'article 265 ter du Code des douanes, aux termes duquel est autorisé l'usage des huiles végétales pures ou en mélange comme carburant « pour les flottes captives des collectivités locales ou de leurs groupements ayant signé avec le préfet et le directeur des douanes un protocole permettant d'encadrer cet usage ». Il est stipulé que cette nouvelle disposition va dans le sens de la jurisprudence « qui a reconnu la régularité de l'utilisation par

45. *Directive 2003/30/CE du Parlement européen et du Conseil du 8 mai 2003 visant à promouvoir l'utilisation de biocarburants ou autres carburants renouvelables dans les transports*

une collectivité territoriale d'huiles végétales pures comme biocarburant pour les véhicules de son parc roulant », faisant ainsi référence au jugement en appel de Bordeaux. Entre février 2006 et mars 2007, deux salons de l'Agriculture et un salon de l'Automobile mettent les biocarburants à l'honneur. Les principaux opposants, à savoir les lobbys pétroliers et les constructeurs automobiles rallient le consensus général : les biocarburants deviennent temporairement un objet visible et valorisé. Renault et PSA lancent des voitures *flexfuel*, qui peuvent rouler soit à l'essence ordinaire soit à l'E85, un mélange contenant de l'éthanol à 85%. Mais, pour leurs défenseurs (Bertrand 2007 ; Institut Français des Huiles Végétales Pures 2005), les concessions faites aux HVP sont bien maigres ; alors qu'en Allemagne, celles-ci sont légales et défiscalisées pour tous depuis 2000, en juillet 2006, à Châlons-en-Champagne, se tient le premier procès d'un automobiliste utilisateur, Lionel Lambert, arrêté en décembre 2005 par les douanes alors qu'il roulait avec 30% d'huile végétale. N'étant ni agriculteur-producteur, ni conducteur d'un véhicule au sein d'une flotte captive, la consommation d'HVP lui est proscrite. L'occasion, pour ceux qui se surnomment « les huileux », de faire entendre à nouveau leur voix dissonante.

Cette arrestation, ainsi que quelques autres qui suivirent, constituèrent en effet le terreau de mobilisations militantes. Les réseaux Pétales et Roule Ma Fleur publièrent ainsi en marge du procès de Lionel Lambert, une vidéo d'un des leurs déguisé en *Tournesolman* de pied en cape, en train de verser un litre d'huile végétale pure dans un véhicule de police et un autre dans un véhicule de gendarmerie nationale. Tour de France dans un bus alimenté au colza, appels à venir nombreux soutenir les prévenus avant chaque procès, nombreux reportages : on retrouve les figures classiques de l'action citoyenne. Mais il y a en fait une grande diversité de pratiques chez les huileux, que l'on peut regrouper en trois grandes catégories. Il y a tout d'abord ceux qui achètent l'huile en supermarché pour l'incorporer directement dans le réservoir. Dans ce cas, la motivation est essentiellement financière : avec la hausse du prix du pétrole, que l'inflation alimentaire n'a pas encore égalée, remplir illégalement un tiers de son réservoir avec de l'huile non taxée devient vite très économique. Il faut juste supporter l'odeur de friture. Il y a ensuite les agriculteurs-tritrateurs ou ceux qui se fournissent auprès d'eux. La filière est alors courte et le ressort écologique et social plus important. Les degrés d'investissement peuvent être divers : presse à froid personnelle, ou achat en coopérative d'utilisation du matériel agricole, production ou non des grains sur place. . . Le dernier cas est celui des recycleurs, qui utilisent l'huile usagée, de friture par exemple, après l'avoir filtrée. La tâche est plus délicate mais la matière première est souvent offerte ou échangée contre une très faible compensation, puisque les restaurateurs – par exemple – sont souvent ravis de pouvoir s'en débarrasser directement.

Dans deux livres pamphlets, Fabrice Nicolino (2007, 2010), journaliste à *La Croix* et *Charlie Hebdo*, consacre aux huileux un chapitre qu'il nomme « Ces "écologistes" qui applaudissent ». Il les décrit comme des idiots utiles faisant le jeu du lobby biocarburant de l'agrobusiness et s'en prend à l'association Roule Ma Fleur en dénonçant une étroitesse d'esprit qui ne les pousserait qu'à raisonner à l'échelle locale. Pour Nicolino, la création de leur « petit marché favorise l'autre, le vrai ». Alors que l'on dénonce la compétition *Food versus Fuel*, même les pratiques

des agriculteurs triturateurs sont remises en cause : la jachère instaurée après par la réforme de la politique agricole commune en 1992 est devenue facultative en 2007, puis supprimée en raison de l'inflation des cours alimentaires. Les huileux sont donc dans le doute, et des remarques comme celle de Nicolino les touchent, même s'ils considèrent que ce dernier n'a pas étudié la question d'assez près. S'ils ont longtemps voulu se fondre dans le moule juridique des biocarburants « classiques », ils tiennent aujourd'hui à s'en distinguer. Car, partageant de fait les intérêts des pouvoirs publics, les protagonistes des filières légales de biocarburants firent dès 1994 tout leur possible pour enterrer la voie des huiles végétales pures, par exemple au sein du premier programme biocarburants de l'ADEME, Agriculture pour la Chimie et l'Énergie :

Bon, AGRICE... Ma critique de fond, c'est qu'il n'y avait pas d'ouverture à l'innovation, face à une demande qu'on pourrait identifier quand même comme étant assez urgente. Le cadre, [c'était] : il existe des solutions, ces solutions sont socialisées, voire légalisées [rires]... Donc qu'est-ce qu'on peut faire pour en améliorer les coûts de revient, en gros ? Alors si en plus on peut améliorer des qualités techniques, c'est bien, mais voilà... Il n'y avait pas de place, du tout – j'en ai quand même fait l'expérience – pour des idées vraiment innovantes. C'est le cas des huiles végétales pures. À un moment donné, le conseil scientifique d'AGRICE a décidé que ces filières ne verraient pas le jour en France, donc aucun sujet ne pouvait déboucher là-dessus [mimant une guillotine].⁴⁶

Un vif débat technique d'initiés sur l'efficacité de l'huile végétale pure, son usage prolongé dans des pays froids, s'esquissa entre spécialistes. Mais il n'eut guère le temps d'éclorre : toutes les forces publiques, juridiques et scientifiques convergèrent pour restreindre la définition d'un biocarburant aux filières agro-industrielles du biodiesel issu du colza et du bioéthanol issu de betteraves, et dans une moindre mesure du blé et du maïs. Des réseaux régionaux, voire locaux, de production énergétique autogérés, ne virent donc jamais le jour en France. La lutte des huileux resta confinée à l'arène juridique, judiciaire même, sans parvenir à faire de leur produit un objet du débat public.

1.3.2 Des controverses « sans objet » (2007–2014)

Lorsqu'une première controverse publique éclata au grand jour, en 2007–2008, elle ne fit qu'importer et rejouer des contestations nées à l'étranger. Issue d'instances internationales, elle ne revint nullement sur la réalité du développement des biocarburants en France et en Europe, focalisée sur des indicateurs macroéconomiques globaux, qui comparaient le développement du maïs-éthanol aux États-Unis et la flambée du prix de la galette de *tortilla* à l'origine d'émeutes de la faim au Mexique. Si l'image publique des biocarburants se dégradait en conséquence, ceux-ci apparaissaient toujours comme un objet de recherche à horizon lointain, et non comme un réel objet de consommation quotidienne, principale contribution effective de notre « transition énergétique ».

Depuis une décennie, des écologistes de tous bords avaient regardé curieusement le développement de cette énergie renouvelable soutenue par les lobbys agricoles les plus conservateurs.

46. Entretien avec un directeur de recherches sur la biomasse énergie du CIRAD, 16 mar. 2009

Mais il fallut attendre l'année 2005, pour que des voix dissonantes se fissent entendre. Celle de George Monbiot, éditorialiste au *Guardian* et activiste écologique aux prises de position singulières⁴⁷, porta haut les premières critiques publiques envers les biocarburants, au sein d'une presse jusqu'alors unanime dans son concert de louanges. Ses missions en Malaisie et en Indonésie le poussent alors à critiquer le développement du biodiesel qui repose sur « la culture la plus destructrice sur Terre »⁴⁸, les vastes plantations de palmiers à huile gagnées sur des forêts primaires. En France, ce sont des chercheurs de l'INRA, qui, revenant sur leur développement européen, dénoncent une « ambivalence des biocarburants » (Sourie, Tréguer et Rozakis 2005).

« On était vus comme des renégats après avoir participé au banquet » (J.-C. Sourie, 2011)

Jean-Claude Sourie, directeur d'un laboratoire d'économie publique et rurale à l'INRA, copublie en 2005 un papier dénonçant l'argumentaire développé par la filière des biocarburants, ainsi que la politique publique d'importantes subventions accordées au secteur :

Compte tenu de leur rendement énergétique par hectare de terre dans l'ensemble très moyen et de leurs coûts élevés, on est amené à tempérer les analyses très optimistes qui entourent [les biocarburants]. Présentés essentiellement comme des filières énergétiques, on oublie de souligner qu'ils sont également un moyen indirect de soutien de l'agro-industrie et de l'agriculture, sous la responsabilité de chaque pays.

Sourie, Tréguer et Rozakis (ibid.)

La critique est d'autant plus crédible qu'elle vient de l'intérieur : animateur du sous-groupe recherche pour le rapport Lévy, Sourie représentait l'INRA et agit alors, et ce pour une dizaine d'années, en partisan des biocarburants : « on était obligés d'impulser, donc j'ai beaucoup impulsé et la profession [agricole] m'a beaucoup remercié ». Envoyé la fleur au fusil par son institut sur ce sujet, il ne renie pas les analyses économiques qu'il a alors produites, mais regrette d'avoir été impliqué dans l'écriture technique, alors que ses collègues « s'étaient débinés ». Spécialiste de la première heure, il jette donc en 2005, publiquement, un pavé dans la mare.

Qui a été dérangé par le papier ? La FOP [Fédération française des producteurs d'oléagineux et de protéagineux], l'AGPB [Association générale des producteurs de blé], l'ADEME [Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie], l'AGPM [Association générale des producteurs de maïs]... À l'époque, le directeur scientifique [de l'INRA] s'est pointé dans mon bureau et m'a dit : « Sourie, vous avez foutu le feu ! ». La profession... Cela ne m'a pas empêché de les revoir et leur serrer la main, mais ils n'étaient pas contents.⁴⁹

Il justifie son revirement, somme toute tardif, par la nécessité, qui était sienne, de recueillir suffisamment d'informations avant de pouvoir évaluer correctement l'impact de la filière :

Je ne pouvais pas le faire avant : j'étais seul et submergé par tout ce qui se faisait au niveau européen. Il faut quand même de la matière... Et c'est l'INRA qui m'avait mis sur ce thème. Peut-être ai-je

47. Il défendra le recours à l'énergie nucléaire aussitôt après l'accident de Fukushima, y voyant un test de résistance positif à une catastrophe naturelle de grande ampleur.

48. « The most destructive crop on earth is no solution to the energy crisis », *The Guardian*, 6 déc. 2005

49. *Entretien avec un ancien directeur de laboratoire d'économie publique et rurale de l'INRA*, 12 sept. 2011

été timoré, ce n'est pas simple. On aurait été une équipe plus importante... mais c'est difficile, immergé dans un contexte très technique. Avec des arguments comme : « Nous, on travaille pour la fin du pétrole ! ». Il fallait d'abord que j'accumule. Si j'avais dit tout de suite : « Il faut des connaissances, savoir qui sont les acteurs et qui fait quoi, quelle technologie et pourquoi », j'aurais pu être là une ou deux fois, mais je n'aurais ensuite plus été invité aux réunions. On a toujours quelques doutes : on laisse des portes ouvertes, on est prudents. Mais je suis content d'avoir sorti ce papier, sinon on a une boule à l'estomac.⁵⁰

Rétrospectivement, les prises de position de ce « renégat » comme il se qualifie lui-même, ou plus charitablement et justement, de ce lanceur d'alerte (Chateauraynaud et Torny 1999), paraissent peu virulentes. Mais en 2005, cette critique publique dévoilait, la première, les arrangements des pouvoirs publics et de la filière agro-industrielle réunis autour des biocarburants. Aucune médiatisation, nul débat public ne découla pour autant de cette publication.

« Les exclus du banquet des riches sont descendus dans la rue » (J. Diouf, FAO, 2008)

Au cours de l'année 2007, les prix de nombreuses matières premières alimentaires croissent fortement sur les marchés internationaux. L'indice FAO⁵¹ passe ainsi de 139 à 219 (cf. figure 1.8), avec une hausse encore plus marquée pour les céréales. Cette forte inflation déclenche à travers le monde des émeutes de la faim ; les plus pauvres, pour qui l'alimentation constitue une part prépondérante de leur pouvoir d'achat, sont les plus touchés.

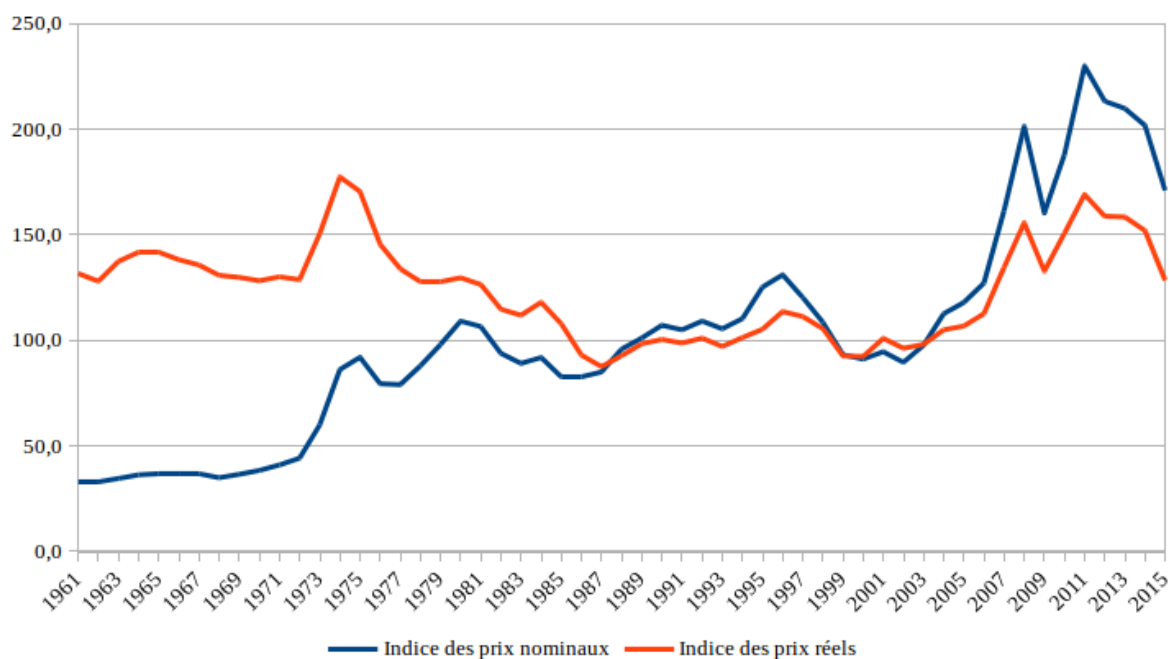


FIGURE 1.8 – Évolution de l'indice FAO des prix des produits alimentaires, en termes nominaux et réels. Données : <http://www.fao.org/worldfoodsituation/fr/>.

Le 29 mars 2007, le quotidien *Granma*, organe du comité central du Parti communiste de Cuba, publie en une, une tribune du vacillant *lider maximo* Fidel Castro. Celui-ci y accuse le

50. Entretien avec un ancien directeur de laboratoire d'économie publique et rurale de l'INRA, 12 sept. 2011

51. Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

président américain George W. Bush de « condamner à une mort prématurée plus de 3 milliards d'êtres humains », en développant à grande échelle des combustibles à base de céréales. L'éditorialiste George Monbiot du *Guardian*, évoquant un « désastre écologique et humanitaire » à venir, a lui appelé quelques semaines plus tôt à un moratoire de 5 ans sur la production de biocarburants occidentaux⁵² ; il les accuse aussi directement de provoquer des famines.⁵³ Jean Ziegler, rapporteur spécial pour le droit à l'alimentation de l'ONU, reprenant l'idée d'un moratoire, va jusqu'à qualifier leur développement de « crime contre l'humanité ». Quant au PDG de Nestlé, Peter Brabeck, il déclare que « si l'on veut couvrir 20% du besoin croissant en produits pétroliers avec des biocarburants, comme cela est prévu, il n'y aura plus rien à manger ». Seul le président brésilien, Luiz Inacio Lula da Silva, assume publiquement demeurer un ardent avocat du bioéthanol, alors que son pays en est le deuxième producteur mondial derrière les États-Unis. « Les biocarburants ne sont pas les bandits qui menacent la sécurité alimentaire des nations les plus pauvres » affirme-t-il ainsi le mardi 3 juin 2008 à Rome, lors de l'ouverture du sommet de la FAO sur la sécurité alimentaire.

Sur quels arguments se fondent ces prises de position publiques, reprises par toute la presse internationale, sous l'appellation de controverse *Food versus Fuel* ? Ce sont les grandes organisations internationales qui nourrissent, à grands renforts de chiffres, évaluations, modèles et perspectives, un débat global. Le compte rendu d'une table ronde organisée à l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques, *Biofuels : Is the Cure Worse than the Disease ?* (Doornboch et Steenblik 2007), ainsi qu'une étude conjointe des perspectives agricoles menée par l'OCDE en collaboration avec la FAO (OECD/FAO 2007), soulignent la contribution de l'essor des biocarburants à une compétition accrue sur les matières premières, et l'inflation qui en résulte : en 2007, 23% de la récolte de maïs américain est transformée en bioéthanol, contre 6% en 2005. Sur la même période, le prix de la *tortilla*, galette de maïs à la base de l'alimentation au Mexique, mais fortement dépendante des importations des États-Unis, a augmenté de 30%, créant des émeutes qualifiées par la presse internationale de « crise de la *tortilla* ». C'est finalement une note interne de la Banque Mondiale sobrement intitulée *A Note on Rising Food Prices* (D. Mitchell 2008), publiée par le *Guardian*, qui met le feu aux poudres en imputant 75% de la hausse des prix alimentaires aux seuls biocarburants. Ce rapport « confidentiel » est aujourd'hui référencé et cité à plus de mille reprises sur *Google Scholar*.

Ce sujet controversé (aussi sur son versant environnemental, cf. p. 96) devient dès lors l'objet de nombreuses publications, soit critiques (Fondation Nicolas Hulot pour la Nature et l'Homme et Réseau Action Climat – France 2008), soit enthousiastes (Académie des technologies 2010 ; Ballerini 2011 ; Benabadji 2006 ; Legalland et Lemarchand 2008 ; J.-D. Pellet et E. Pellet 2007), soit d'abord techniques (Ballerini et Alazard-Toux 2006 ; Damien 2008), ou se voulant neutres dans une posture didactique (Dominicis 2011 ; Mathis 2007 ; Scarwell 2007), pour ne citer que des livres parus en France au plus fort des débats. Sans que

52. « If we want to save the planet, we need a five-year freeze on biofuels », *The Guardian*, 27 mar. 2007

53. « The western appetite for biofuels is causing starvation in the poor world », *The Guardian*, 6 nov. 2007

des positions de principe ne soient dépassées, la question de la responsabilité de la production de biocarburants sur la crise alimentaire tranchée.

Le G20 avait commandé en 2008 à plusieurs organisations internationales un rapport sur les causes de la volatilité des prix agricoles, livré près de trois ans après (FAO et al. 2011). La demande de biocarburants y est reconnue comme un facteur de hausse, parmi d'autres. Il préconise la suppression des politiques de subvention ou d'obligation d'incorporation, l'ouverture des marchés internationaux de telle sorte que les carburants renouvelables et leurs matières premières puissent être produits là où ils sont viables du point de vue économique environnemental et social, et qu'ils soient échangés plus librement. Ces recommandations sont peu suivies, notamment là où les biocarburants furent développés pour des raisons de sécurité énergétique, dans une logique d'approvisionnement strictement nationale donc, comme aux États-Unis ou au Brésil. Dès 2010, la Banque Mondiale était, quant à elle, revenue sur la note de Donald Mitchell, qui attribuait pour les trois quarts l'inflation des matières premières alimentaires aux biocarburants, en publiant un nouveau rapport : *Placing the 2006/08 Commodity Price Boom into Perspective* (Baffes et Hanjotis 2010). Il faut dire que, depuis 2008, les cours ont connu une dépréciation, puis une nouvelle hausse, encore plus prononcée (cf. figure 1.8). Ronald Trostle et al. (2011), économistes du Département de l'Agriculture des États-Unis, s'interrogent sur les causes de cette nouvelle hausse, et dédouanent partiellement les biocarburants :

Attribuer la plus grande partie de la hausse des prix des produits alimentaires à la production de biocarburants semble irréaliste. Les prix des récoltes a chuté de plus de 30% durant la deuxième moitié de 2008, alors même que la production de biocarburants n'a cessé de croître. [...] Clairement, il y a eu d'autres facteurs en jeu. [...] Ainsi, alors que le développement des biocarburants constituait un facteur important, sous-tendant la montée générale des prix de produits alimentaires en 2002–2006 et leur mouvement vers un palier plus haut, il est beaucoup moins aisé d'évaluer l'impact additionnel que les biocarburants ont eu durant le pic consécutif des prix en 2007–2008.

Trostle et al. (ibid., p. 16–17), notre traduction

Ainsi, les biocarburants, qui contribuent structurellement à la hausse des prix alimentaires (comme cela était anticipé et souhaité en 1992–1994, en instaurant des jachères), ont aussi, très certainement, servi de bouc-émissaire alors que de nombreux autres facteurs contributeurs, parmi lesquels une importante spéculation sur les stocks, étaient occultés. Comme l'écrit la Cour des comptes (2012, p. 192) : « On considère dorénavant que si les effets à court terme existent bien, à long terme, le marché se réajuste et l'effet des biocarburants s'amenuise dans le temps ».

De la plante à la roue, des analyses de cycle de vie énergétique et environnemental

Serait-ce à cause de ces nombreux visuels peu inventifs et naïfs, qui d'une pompe à essence ou d'un pot d'échappement font jaillir un liquide vert, des végétaux, voire des petites fleurs ? Ou tout simplement par l'association automatique que nous faisons dans notre esprit entre la pol-

lution, atmosphérique mais aussi de tout notre environnement, et les émissions automobiles ? Toujours est-il que circule une idée fautive, que nous rectifions ici : la combustion d'un biocarburant ne produit en réalité pas moins d'émissions en sortie de véhicule qu'un carburant de même type issu de produits fossiles. Pire, plus les normes européennes d'émission se font contraignantes (EURO 4, 5, 6b), moins des biocarburants alternatifs (l'huile végétale pure par exemple) sont compatibles avec ces réglementations à la fois écologiques et protectionnistes, et les nouveaux moteurs développés en parallèles. Contraignant les biocarburants à s'adapter jusqu'à se fondre quasi imperceptiblement dans un carburant classique, le choix de la miscibilité a empêché le développement d'un système de combustion concurrent, différent, et plus propre.

D'où vient alors l'intérêt environnemental des biocarburants ? Principalement, du CO_2 absorbé par la plante à l'origine du carburant durant sa croissance. Le modèle de la jachère est le plus simple pour visualiser ce bénéfice : en comparaison d'un champ que l'agriculteur aurait laissé vierge au repos, des cultures, plantées en vue d'un débouché énergétique, absorbent un volume important de dioxyde de carbone. Cette simplification est évidemment abusive, dès lors que l'on raisonne hors du cadre *stricto sensu* de la jachère. Il faut alors mobiliser un ensemble de mesures pour estimer l'impact de changements d'affectation des sols (CAS, ou LUC pour *land use change*), soit directs en comparant l'absorption de gaz à effet de serre actuelle à celle des végétaux ou puits de carbone précédemment en place, ou affaire encore plus complexe, indirects (les CASI ou ILUC) en modélisant l'ensemble des changements d'affectation des terres conséquents à l'échelle d'une région, voire d'un pays. De tels calculs sont au cœur de l'analyse de cycle de vie (ACV), une méthode d'évaluation de l'impact d'un produit ou d'une technologie qui prend toujours en compte des aspects environnementaux, souvent énergétiques, parfois économiques, rarement sociaux. Dans le domaine de l'énergie, c'est « du puits à la roue » (*from well to wheel*) que s'évaluent les intrants, émissions et coûts, de l'extraction à la consommation, en passant par la production, la transformation et le transport. Mais ces ACV, qui connurent dans leurs méthodes un affinement et un développement parallèle à celui des biocarburants, notamment parce qu'ils constituaient pour ces derniers la seule manière de prouver et quantifier leur bénéfice écologique face aux énergies fossiles, se transformèrent bientôt en cheval de Troie, ouvrant la brèche aux détracteurs.

Un premier indicateur clef, qui, s'il est défavorable, fait mouche à coup sûr pour discréditer les biocarburants, est le ratio entre l'énergie totale consommée pour produire et délivrer un type de carburant d'origine végétale, et celle qu'il libère à la combustion. David Pimentel, du département d'entomologie de l'université de Cornwell, le mobilise depuis longtemps (Pimentel 1991, 2003) contre son cheval de bataille, le développement de l'éthanol aux États-Unis. Selon ses calculs, l'ensemble des filières de biocarburants présente un bilan énergétique absurde (Pimentel et Patzek 2005). Ceux-ci consommeraient respectivement 27% pour le biodiesel issu de soja, 29% pour l'éthanol issu de maïs, 50% pour l'éthanol issu de panic raide ou *switchgrass*, 57% pour l'éthanol issu de bois, 118% pour le biodiesel issu du tournesol, d'énergie fossile de plus que leur valeur énergétique finale. Le colza, l'huile de palme et les futures productions à

partir de microalgues ne s'en sortiraient pas mieux (Pimentel, Marklein et al. 2009). Ces travaux et leurs résultats, abondamment discutés à l'échelle planétaire, furent fortement contestés par chacune des filières. D'autres travaux viennent nourrir la critique du bilan environnemental des biocarburants. Une étude parue dans *Science* (Righelato et Spracklen 2007) conclut que leur usage ne permet pas systématiquement de limiter les émissions de gaz à effet de serre (GES), et qu'il serait plus efficace de conserver les milieux naturels transformés en bon état. Au même titre que le nucléaire, la question des biocarburants, devenue controversée, n'est pas débattue en France lors du Grenelle de l'environnement de l'automne 2007. En 2008 enfin, le prix Nobel de chimie Paul Crutzen et al. (2008) déclarent que les émissions de protoxyde d'azote (N_2O) des plantations ont été systématiquement sous-estimées et que par conséquent les biocarburants sont plus nocifs pour l'environnement que les carburants fossiles.

En France, l'ADEME doit réagir. Une précédente étude sur les bilans énergétiques et gaz à effet de serre des biocarburants (ADEME/DIREM 2002), au bilan positif, est fortement critiquée tant sur les méthodes retenues que par la composition de son comité de pilotage. Le gouvernement français réclame en 2007 une nouvelle expertise. Cette étude (ADEME 2010), qui mobilise des analyses de cycle de vie, apporte des conclusions bien plus mesurées que celle de 2002. Par rapport au carburant fossile de référence, les réductions d'émissions de gaz à effet de serre du biodiesel sont comprises entre 59 et 90%, celles de l'éthanol entre 49 et 72%. Toujours par rapport au carburant fossile de référence, la consommation d'énergie fossile pour produire le biodiesel est réduite de 68 à 84%, et celle de l'éthanol est réduite de 18 à 85%. Ces chiffres restent cependant très contestés, notamment par des associations environnementales ayant participé puis s'étant retirés du conseil technique⁵⁴, à la fois dans la méthode d'affectation énergétique des coproduits et dans la mesure où ils ne tiennent pas compte des changements d'affectation des sols indirects. Face à une (excessive ?) multidimensionnalité des analyses de cycle de vie, même les chercheurs *a priori* plutôt pro-biocarburants restent parfois sceptiques :

Animateur thématique Biomasse à l'INRA — Je suis un chercheur moi, pas au service des lobbyistes. Il y a une pression trop grande des oléagineux sur les terres. Je parle à tout le monde, moi, même avec les Verts ! Même avec les Verts : j'ai dit ce que je pensais de certaines ACV. . .

Enquêteur — L'étude ADEME/DIREM 2002 ?

Animateur thématique Biomasse à l'INRA — Oui.

Enquêteur — Et les récentes en cours, c'est mieux ?

Animateur thématique Biomasse à l'INRA — On ne sait pas : on a dix cas, on retrouve dix résultats différents, mais on ne dit rien. . .⁵⁵

Au niveau européen, la directive sur les énergies renouvelables, rebaptisée de son acronyme anglais RED⁵⁶, l'une des principales pièces du paquet énergie-climat, cherche à imposer des critères de durabilité aux différentes filières de biocarburants. Le principal critère retenu

54. *Entretien avec un agriculteur, en charge du dossier Agrocarburants à la Confédération Paysanne*, 17 mar. 2009

55. *Entretien avec un ancien président de centre, en charge de la thématique Biomasse à l'INRA*, 12 mar. 2009

56. *Directive 2009/28/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables*

concerne la réduction des émissions de gaz à effet de serre en comparaison des carburants fossiles, calculée sur un système de bilan massique que Brice Laurent (2015) analyse comme un « agencement » visant la construction d'un marché. Un biocarburant durable, et pouvant donc faire l'objet de subventions et notamment de défiscalisation, doit permettre *a minima* une réduction des GES de 35% en 2011, de 50% à l'horizon 2017, et de 60% pour les nouvelles installations à partir de cette date. Le processus de certification repose sur sept différents organismes privés, nouvelles autorités environnementales hybrides (Mol 2010), dont le principal, RSB (*Roundtable on Sustainable Biomaterials*) est issu d'un groupe de travail sur les biocarburants né en 2007, fortement actif lors de la controverse au niveau européen pour l'écriture de la directive RED. Celle-ci a été transcrite en droit français en 2011, et une importante documentation technique produite en conséquence (AFNOR 2011). Aujourd'hui, la totalité des biocarburants français, et presque tous les biocarburants européens, sont certifiés durables (cf. la figure 1.5, p. 70 et ci-dessous), mais en 2017, sans adaptation des filières, certains biocarburants, y compris le principal, le biodiesel issu du colza, n'atteindront pas le nouveau seuil plus exigeant de réduction des GES, et ne seront donc plus certifiés comme tels (cf. figure 1.9).

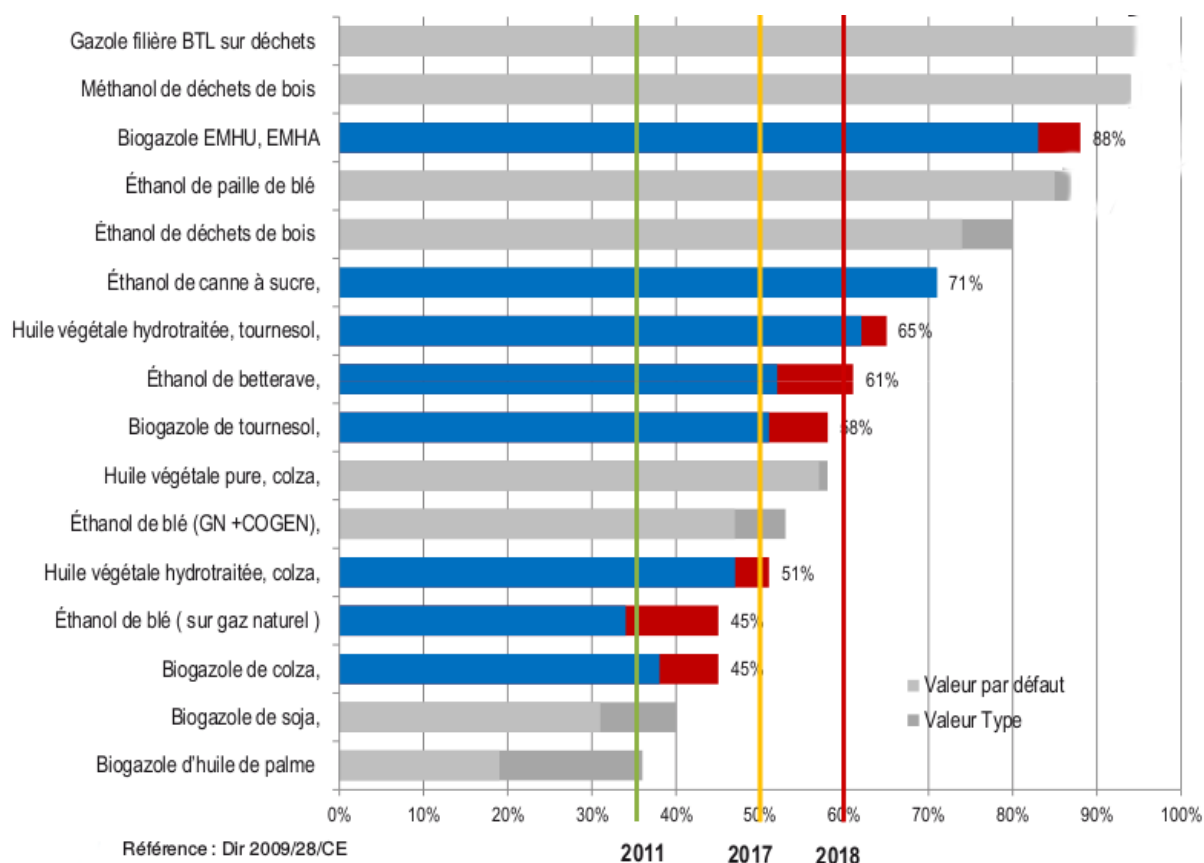


FIGURE 1.9 – Valeurs de réduction des GES selon les types de biocarburants et échéances réglementaires pour leur certification « durable ». En couleurs, les filières existantes en France (UFIP 2012).

L'impact des controverses alimentaires et environnementales portant sur les biocarburants, fut donc relativement limité – si ce n'est émotionnellement –, d'autant plus qu'aucune mobilisation spécifique ne vint concrètement, au-delà de questions désagréables de journalistes ou de

citoyens lors de colloques et présentations, remettre en question la consommation toujours ignorée de ces produits. Le président du principal pôle de compétitivité impliqué dans la production de bioéthanol, revient sur ce « traumatisme », aujourd'hui dépassé.

Par rapport aux pratiques du pôle, le renversement de la tendance a été vécu comme un traumatisme. Surtout par certains de nos adhérents. Et quelque chose qui pouvait aussi tourner en un traumatisme économique, hein : il y a des aspects défiscalisation ! [...] Je peux vous dire maintenant la vérité : à l'époque où c'était encore le grand enthousiasme, moi, quand je devais répondre aux journalistes, je ne savais plus où me foutre. Parce que je ne pouvais pas, décevement – moi, c'est pas mon boulot – ressortir tous les arguments négatifs, tant qu'ils ne les avaient pas. Donc il y a eu une certaine clarification : il y a des aspects négatifs, mais il y a quand même des aspects positifs. Et je crois que ce traumatisme-là, il est surmonté maintenant.⁵⁷

Nous avons qualifié les controverses touchant les biocarburants de « sans objet », n'entendant évidemment pas par là qu'elles n'étaient pas fondées (si la controverse *Food versus fuel* fut sans doute exagérément violente, cela peut aisément s'expliquer par l'extrême urgence de ses enjeux), mais que, basées sur des modélisations de flux économiques, énergétiques et écologiques planétaires⁵⁸, celles-ci ne concernaient qu'indirectement, et donc n'entravèrent que partiellement, les infrastructures, les formes concrètes, matérielles de développement et les marchés de biocarburants dans l'espace national et européen. Une dernière controverse économique moins médiatisée, mais plus localisée, peut avoir un impact plus profond : quelles sont les conséquences des politiques publiques d'incorporation et défiscalisation des biocarburants ?

Un monopole renforcé par la politique publique d'incorporation

Le développement des biocarburants sur la dernière décennie est lié non seulement à des incitations telles les défiscalisations et autres types de subventions, mais plus encore aux politiques publiques d'incorporation, qui fixent des objectifs de mélange non pas souhaitables, mais obligatoires, pour tous les carburants liquides. La responsable Biocarburants chez Total, très prudente et attentive, dans un contexte controversé, à ne pas ternir l'image de son entreprise, présente ainsi son activité commerciale sous un angle purement légal, contraint.

On est *de facto*, obligé par la loi, acteur de la première génération : on la met sur le marché. On est obligé par la loi : si on ne le fait pas, on est vraiment un mauvais acteur. Donc on ne peut pas dire qu'on n'est pas acteur, par contre on ne cherche pas, on ne veut pas être industriel, c'est-à-dire produire délibérément, raffiner délibérément, parce que c'est pas notre truc, ça, justement.⁵⁹

De fait, dans un contexte volontariste, la directive européenne *Biofuels* de 2003⁶⁰, ainsi qu'un plan français Biocarburants en 2005, ont fixé des objectifs d'incorporation ambitieux, suivis en

57. Entretien avec un professeur des universités, ancien directeur du Programme National des Biotechnologies et président d'un pôle de compétitivité, 11 mar. 2009

58. Ce qui amena Arthur P.J. Mol (2007) à parler de biocarburants sans bornes (*boundless biofuels*).

59. Entretien avec la responsable Biocarburants chez Total, directrice de l'European Biofuel Technology Platform, 13 mai 2009

60. Directive 2003/30/CE du Parlement européen et du Conseil du 8 mai 2003 visant à promouvoir l'utilisation de biocarburants ou autres carburants renouvelables dans les transports

France, moins en Europe (cf. table 1.1, p. 101). La directive RED de 2009⁶¹, post-controverse, infléchit légèrement le cap en requérant 10% de biocarburants à l'horizon 2020 – un taux encore non négligeable.

TABLE 1.1 – Évolution des objectifs et des taux d'incorporation de biocarburants classiques

| objectifs d'incorporation pour | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
|---|----------|-----------|---------|---------|
| 2003 - directive européenne <i>Biofuels</i> | 2% min | 5,75% min | | |
| 2005 - plan français Biocarburants | 1,2% min | 7% min | 10% min | |
| 2009 - directive européenne RED | | | | 10% min |
| 2012 - proposition de la Commission | | | | 5% max |
| 2015 - projet de directive européenne | | | | 7% max |
| taux d'incorporation moyen - France | 1,2% | 6,7% | 7,57% | ? |
| taux d'incorporation moyen - U.E. | 1% | 4% | 4,7% | ? |

La Commission européenne ne revient pas sur cet objectif à l'horizon 2020, mais, en 2012, elle souhaite préciser que l'effort restant à accomplir doit reposer sur des biocarburants dits de seconde génération, dont les filières n'entreraient plus en concurrence avec l'alimentation et aux performances environnementales meilleures. Elle propose donc un seuil non plus minimum, mais maximum, d'incorporation de 5% d'agrocultures « classiques » pour 2020. Soit un peu plus que la moyenne d'incorporation européenne, mais bien moins que le taux déjà effectif en France. Les députés européens français parviennent, après maints débats houleux, à faire rejeter par le Parlement européen cette proposition. Le nouveau seuil maximum voté, 7%, correspond à la situation – et au taux maximum autorisé – en France, qui reste stable depuis quelques années.

Les industriels producteurs de biocarburants ne sont pas satisfaits, mais ils ont sauvé les meubles. L'augmentation progressive des obligations d'incorporation leur avait assuré un débouché certain. En ce qui concerne l'incorporation de bioéthanol, miscible dans l'essence, le pétrolier national y a toujours été réticent, vu qu'il exporte déjà un surplus de sans-plomb. Il préfère donc parfois payer des pénalités, et la filière éthanol, partagée entre de nombreux acteurs (les sucriers français Tereos et Cristanol, le leader espagnol Abengoa Bioenergy ou l'allemand CropEnergies pour ne citer que les quatre premiers producteurs, tous présents industriellement en France), profite de cette politique publique, sans excès. Pour le biodiesel, miscible dans le gazole et donc représentant des volumes d'incorporation bien plus importants, la filiale de Sofiprotéol, Diester Industrie, et son ester méthylique d'huile végétale (EMHV) ont, eux, le champ libre. Dans un rapport fort documenté, la Cour des comptes (2012) dénonce ce monopole.

61. Directive 2009/28/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables

La Cour considère que le principal producteur national de biodiesel, qui fut en situation quasi monopolistique jusqu'en 2008, en a retiré pendant cette période une rente de situation et un effet d'aubaine qui lui aurait rapporté 0,5 milliards d'euros.

Cour des comptes (2012, p. 200)

Elle confirme l'existence d'un mécanisme fort original, qui nous avait été décrit lors d'un entretien.⁶² Une taxe générale sur les activités polluantes (TGAP) avait été mise en place par l'État pour inciter les distributeurs à incorporer des biocarburants dans le gazole et l'essence par un prélèvement supplémentaire, en cas de non respect des seuils d'incorporation.

Le taux de prélèvement supplémentaire de la TGAP applicable aux supercarburants et au gazole lors de leur mise à la consommation lorsque ces produits ne contiennent pas de biocarburants est fixé à 7% pour les essences et à 7,7% pour le gazole. Il est diminué à proportion de la quantité de biocarburants incorporés aux carburants mis à la consommation.⁶³

Profitant de sa situation monopolistique, Diester Industrie a alors imposé à ses clients distributeurs le paiement d'une « prime TGAP », légèrement inférieure au montant de la taxe qu'ils auraient eu à s'acquitter envers l'État s'ils n'incorporaient pas suffisamment de biocarburants ! En France, le lobby agricole ne semble pas craindre le lobby pétrolier. Peu étonnant, dans ce contexte, qu'en 2011, alors que deux nouvelles filières apparaissaient – les esters méthyliques d'huile animale (EMHA) et d'huile usagée (EMHU) –, les distributeurs se soient détournés du Diester, qui enregistra un recul du volume de ventes de 21% sur un an. Sur critères écologiques, l'EMHA et l'EMHU comptaient en outre double dans les obligations d'incorporation de biodiesel en France : les pétroliers avaient donc toutes les raisons de préférer les incorporer plutôt que d'utiliser des esters d'huile végétale. Mais une loi de finances rectificative pour 2010 introduisit une limitation d'incorporation des EMHU et des EMHA à respectivement 0,35% de la consommation de gazole, permettant une nouvelle augmentation, mécanique, de la production de Diester. À la suite de ce rapport de la Cour des comptes, Sofiprotéol contesta l'estimation des investissements réalisés par le groupe (sous-évalués, selon lui, de... 0,5 milliards d'euros). Mais peu de vagues, encore moins médiatiques, suivirent sa publication. Les puissances publiques semblent néanmoins avoir entendu la critique qu'il portait : la politique de défiscalisation des biocarburants est en effet vouée à disparaître. La filière biodiesel bénéficiait d'une réduction de la TICPE de 8 euros/hl en 2013, 4,5 en 2014 et 3 en 2015 ; la filière bioéthanol bénéficiait, quant à elle, d'une réduction de la TICPE de 14 euros/hl en 2013, 8,25 en 2014 et 7 en 2015. En 2016, ces dispositifs devraient être totalement supprimés.

Si l'activité biodiesel de Sofiprotéol est, comme le groupe le dénonce, extrêmement sensible aux évolutions des politiques publiques européennes, nationales, et des réglementations qui en découlent, c'est précisément parce qu'elle a été bâtie sur celles-ci, qu'elle insuffla par le biais de puissants lobbys agricoles, en contournant les citoyens et les consommateurs. Cette stratégie invisible, par définition méconnue, méritait selon nous d'être explicitée ; non pas nécessairement

62. *Entretien avec un agriculteur, en charge du dossier Agrocarburants à la Confédération Paysanne*, 17 mar. 2009

63. *Article 266 quindecies du Code des douanes (Taxe générale sur les activités polluantes / biocarburants)*,

pour la dénoncer, mais pour appréhender notre situation énergétique « renouvelable ». Les biocarburants européens doivent leur développement à la constitution d'un régime agro-industriel singulier, qui façonna leur mode d'existence. Les caractéristiques techniques, institutionnelles et politiques de ce régime reposent sur deux critères : la miscibilité et l'incorporation.

Conclusion

À la lumière de ces controverses globalisées, les chercheurs en sciences humaines et sociales qui se sont intéressés aux biocarburants les ont pensés soit comme des objets universels qui portaient intrinsèquement des questionnements éthiques (Thompson 2007, 2012a,b), soit comme des fluides globaux, « sans bornes » (Mol 2007).

Les fluides globaux sont des motifs spatiaux qui ne sont structurés ni par des frontières, ni par des relations plus ou moins stables, mais par des grandes flexibilité, liquidité [...] et des frontières perméables. Les fluides n'ont ni point de départ, ni d'arrivée et aucune dépendance clairement séquentielle, mais un mouvement déterritorialisé sans nécessairement avoir d'état final ou de but.

Mol (ibid., p. 302), notre traduction

Contrairement à d'autres formes d'énergies enracinées localement, tel le biogaz (Mol 2014), les biocarburants liquides prendraient la forme d'un réseau mondial intégré, au même titre que des flux de migrants, des capitaux financiers ou Internet. Si cette perspective lie, certes, une caractéristique technique à des considérations politiques, institutionnelles et économiques, il s'agit toutefois davantage ici d'une métaphore filée sur l'état liquide de ce combustible que de l'étude concrète d'une infrastructure et des formes matérielles de développement d'un réseau bioénergétique. Ce que nous avons décrit, c'est plutôt une forme de « fluidité industrielle », pour reprendre les termes de François Vatin, qui a identifié les transformations conjointes des processus de production et d'organisation du travail dans le domaine du raffinage pétrolier (Galle et Vatin 1981 ; Vatin 1987), avant de s'intéresser au lait. Si concernant les carburants réguliers, « chaque nouveau pas dans la fluidité économique et technologique s'accompagnait d'une adaptation sociale du corps ouvrier au complexe de machines », le régime de miscibilité industrielle des biocarburants, quant à lui, lie les dispositifs chimiques et techniques de production et mélange des esters au diesel, à une intégration sociale totale des infrastructures, leur invisibilisation.

La dimension miscible des biocarburants et tout particulièrement du biodiesel, liée à une politique d'incorporation non publicisée, que nous avons amplement documentés au sein de ce chapitre, forment une configuration nationale et originale, qui caractérise cette énergie. Parce qu'il concerne une des principales énergies renouvelables à l'heure actuelle et à l'horizon 2020, ce cas d'étude d'un mode de réalisation de la transition énergétique, au-delà des seuls discours et des promesses écologiques, est précieux. Une réponse concrète aux impératifs climatiques

et énergétiques européens prit ainsi la forme d'un système technique et politique typiquement français, porté par un puissant lobby agro-industriel. Gabrielle Hecht, s'interrogeant sur ce « qui est français dans le programme nucléaire français » (Hecht 1998, p. 3), en conclut que la question prend son sens dans une approche historiciste, en analysant ce qui, dans le développement de l'atome, était lié à, et mobilisé en vue d'une transformation de l'identité française après-guerre. À travers l'histoire du développement du biodiesel, c'est aussi un pan de l'histoire et une quête de l'identité nationale française au sein d'un espace européen en construction, que nous avons restitués : le contexte de l'Occupation, la primauté de l'énergie nucléaire en réponse au choc pétrolier ; et plus spécifiquement sur le versant agricole, la réforme de la politique agricole commune, le refus ancestral de la jachère, la pensée catholique et productiviste jacistes... Une France devenue exportatrice nette de produits alimentaires, qui se voit toujours comme un pays profondément agricole et, alors que la population rurale s'amenuise, cherche de nouveaux débouchés et satisfait des agriculteurs mécontents et en situation difficile, en soutenant la constitution d'une nouvelle filière *ad hoc*.

Inspirée du concept de « système technologique » de T. P. Hughes (1983), ce « tissu sans coutures » d'artefacts, savoirs et institutions orienté vers la production de réalisations matérielles spécifiques, Gabrielle Hecht définit des « régimes technopolitiques qui opèrent au sein de ce système, émanant de différentes institutions et qui ont des idéologies et des buts distincts » (Hecht 1998, p. 16). Elle distingue ainsi un régime nationaliste construit autour du Commissariat à l'Énergie Atomique et un régime nationalisé autour d'EDF. Le régime que nous avons identifié, lui, est intrinsèquement agro-industriel. L'ester méthylique d'huile végétale issu du colza, le Diester inventé et développé par le groupe Sofiprotéol et la profession agricole, porte en lui, matériellement, les caractéristiques politiques de son émergence : il dut se fondre dans un système sociotechnique déjà existant et étranger au monde agricole, de production, distribution et combustion de carburants. La *success story* de cet acteur-filière devenu *leader* mondial reste discrète, et pour cause. Conçue par un groupe agricole dirigé sur le modèle de l'agro-*business* et fortement lié à un syndicat agricole conservateur et puissant, tolérée puis acceptée par les producteurs et consommateurs d'énergies fossiles, telles sont les caractéristiques de la principale énergie renouvelable développée en France et en Europe sur la dernière décennie, et pour encore de longs temps à venir.

Il est clair qu'en dehors de toute question de faisabilité économique, [des biocarburants de nouvelles générations] ne seront pas disponibles à grande échelle avant 10 ou 15 ans. De surcroît, aucune analyse sérieuse n'a encore été menée en termes d'analyse de cycle de vie concernant les futurs procédés industriels. À court et moyen terme par conséquent, les biocarburants de première génération resteront, selon toute probabilité, le principal, sinon le seul moyen d'atteindre les objectifs européens pour 2020.

Cour des comptes (2012, p. 198)

Cette thèse porte sur l'émergence d'un domaine de recherche autour des bioénergies. L'histoire du développement de son objet, les biocarburants français et européens, en constitue un

préalable impérieux. Car une innovation n'a de sens que dans la mesure où l'on est en mesure d'évaluer, penser ou ne serait-ce qu'entrevoir son caractère novateur : dans cette optique, il est indispensable de décrire le système sociotechnique dans lequel elle a été formée, et qu'elle va, ou tout au moins vise à, transformer.

Ceux qui cherchent à contrôler et diriger des systèmes sociotechniques doivent prendre acte du fait que ces systèmes sont davantage des artefacts culturels en évolution que des technologies isolées. En tant qu'artefacts culturels, ils reflètent le passé autant que le présent. Tenter de réformer une technologie sans systématiquement prendre en compte le contexte structurant à partir du jeu d'intrications de dynamiques internes est sans doute futile. Si l'on modifie seulement les éléments techniques d'un système, il y a fort à parier qu'ils reprennent aussi vite leur forme antérieure, comme des particules chargées dans un champ électromagnétique fort. Il faut aussi porter attention au champ : des valeurs peuvent être changées, des institutions réformées, ou une législation refondue.

T. P. Hughes (1983, p. 465), notre traduction

Nous avons, au cours de ce chapitre liminaire, décrit en détail ce champ, selon les mots de Thomas P. Hughes : un système et un régime technopolitique spécifiques qui ont permis aux bio-carburants d'advenir et d'exister, sous une forme très singulière. Les bioénergies, comme tout domaine de recherche, héritent bien d'une histoire, d'un système sociotechnique, d'objets avec lesquels composer et qu'elles auront partiellement à charge de bouleverser. Selon quels moyens techniques et quels objectifs affichés ? Il est temps d'entrer plus directement dans l'espace des activités scientifiques et d'étudier l'évolution parallèle de leurs dynamiques de recherche, et des comptes-rendus qui en sont faits.

Chapitre 2

Savoirs contés : technologies et générations de bioénergies

L'emploi du terme de génération est d'ordinaire circonscrit à deux domaines.¹ Le premier est celui de la biologie, où il désigne un cycle de développement entre deux événements de reproduction d'un type d'organisme au sein d'une lignée. Le second, la sociologie : il permet d'identifier certaines cohortes démographiques d'individus, qui, partageant des pratiques et des systèmes de représentation, forment un groupe relativement homogène en rupture avec une configuration sociale précédente. Depuis les années 1990 et plus particulièrement au cours de la dernière décennie, un nouvel usage du terme de génération a vu le jour, cette fois dans le champ technologique. Ainsi, les opérateurs téléphoniques vantent aujourd'hui les vertus de leur réseau « 4G » après la 2G, la 3G, la 3G+ : cycliquement, un meilleur débit et des performances générales accrues censés permettre ou faciliter de nouveaux usages sont mis en avant, au détriment d'anciens modèles et forfaits obsolètes. D'autres produits technologiques (tels ceux de la marque Apple, mais aussi des processeurs et certaines voitures) juxtaposent eux aussi à leur nom un numéro qu'ils qualifient de « génération », attribué par itération sur le modèle des versions informatiques. Si cette qualification a d'abord pu intervenir *a posteriori*, par exemple pour les modèles de consoles vidéo, elle constitue maintenant à l'évidence une technique de *marketing*.

La rhétorique des « générations technologiques » ne peut toutefois se résumer à cette seule logique commerciale. Elle participe aussi à la conceptualisation des processus de production des savoirs : dans le domaine génomique par exemple, où les recherches contemporaines sont identifiées sous l'expression « next-generation sequencing », ou dans le domaine de l'énergie nucléaire, qui distingue quatre générations de réacteurs. Elle est en outre fortement liée à la trajectoire sociale de ces innovations et aux controverses qu'elles ont parfois suscitées dans l'espace public. Par exemple, les pilules contraceptives dites « de nouvelle génération » ou en-

1. Ce chapitre a, sous une forme condensée, fait l'objet d'une publication dans un numéro spécial consacré aux *Approches quali-quantitatives* : Thomas Tari (2014). « Savoirs contés : la rhétorique des générations technologiques ». In : *Réseaux* 2014/6.188, p. 53–83.

core « de 3^e ou 4^e génération » ont vu leurs ventes chuter en raison du risque accru d'infarctus ou d'embolie pulmonaire qu'elles généreraient, au profit de la prescription de pilules « de 1^{re} et 2^e génération ». Le numéro de génération devient alors parfois un critère d'identification d'une forme spécifique – potentiellement nocive – du produit incriminé, dédouanant de fait les autres.

Sans être galvaudé, le terme de génération est donc employé de plus en plus fréquemment pour qualifier différentes versions d'un même produit technologique, représenter différents stades ou alternatives d'un processus d'innovation, ou encore séparer le bon grain de l'ivraie dans un contexte controversé. Les bioénergies n'ont pas échappé à ce mouvement, et l'on a pris l'habitude de parler de biocarburants de première, deuxième, troisième, parfois même quatrième génération. Cette classification a progressivement supplanté la traditionnelle séparation des carburants entre alcools et huiles, l'essence et le diesel, l'éthanol et le biodiesel. Ces usages du terme de génération, ainsi que leurs effets méritent d'être étudiés, car ils constituent une véritable technologie littéraire (Shapin et Schaffer 1985) : ici, une rhétorique efficace de croyance et confiance en un modèle de développement scientifique et technologique fondé sur le progrès et la rupture. Par notre étude des dynamiques de recherche sur les bioénergies en France, nous voulons mettre à l'épreuve cette représentation du processus d'innovation, et dévoiler son action performative.

Nous commencerons tout d'abord par présenter les méthodes quali-quantitatives que nous avons mises en œuvre pour l'analyse des « générations » de biocarburants. Ce texte s'attachera ensuite à identifier et décrire, au travers de discours d'acteurs du domaine des bioénergies, trois conceptions et usages de ce terme, dont la pertinence est remise en cause par d'autres chercheurs et managers de la recherche. Les indicateurs que nous avons construits ne prétendent pas refléter plus objectivement les processus d'innovation que ces comptes-rendus narratifs, mais ils ont vocation à produire une vue d'ensemble qui permet de distinguer les opérations et dynamiques de recherche que ces derniers décrivent, de celles qu'ils laissent dans l'ombre.

Le premier usage de l'expression de génération technologique que nous avons identifié fait écho à son pendant biologique. Il est naturaliste en ce qu'il prétend refléter une évolution logique, interne au champ scientifique. Cet usage inscrit des recherches disparates dans une conception linéaire et progressiste du développement technologique des bioénergies et pense l'innovation de façon incrémentale, produit d'une succession de cycles de R&D.

Un second usage s'inspire davantage des ruptures au cœur de la définition sociologique des générations, et en tire profit pour préserver le caractère innovant des biocarburants et faire fi des controverses sociotechniques qui les prennent pour cible. Il met en exergue certaines caractéristiques de cet objet de recherche, qu'il érige en critères de distinction de la nocivité ou du bénéfice social de ce dernier. Il isole ainsi des filières et des modes de production prétendument vertueux d'autres, sur lesquels pèse exclusivement le doute.

Un dernier usage enfin assume un décalage entre les phénomènes et leur description : entre la conduite des opérations de recherche, l'évolution des savoirs et le développement des bio-

énergies d'un côté, et de l'autre leur compte-rendu en termes de générations technologiques. Il défend cependant la vertu rhétorique d'une notion qui, comme un objet-frontière (Star et Griesemer 1989), répondrait à la nécessité de partager un vocabulaire et des concepts. Son emploi permettrait à des acteurs issus de mondes hétérogènes, qui mobilisent des procédés très divers, de communiquer entre eux, mais aussi de parler « biocarburants » avec des publics profanes : tutelles, politiques, financeurs ou citoyens.

Méthode : une analyse des collaborations au sein de projets de recherche

Nous rappelons ici l'argument que nous avons développé au sein du premier chapitre de cette thèse (p. 53), qui concerne la forme spécifique qu'ont prise les biocarburants en Europe, et qui explique la méconnaissance relative de cette énergie renouvelable dans l'espace public : ceux-ci y sont invisibles, car ils n'existent pas en tant qu'entité identifiable. Ils sont, et ont toujours été miscibles dans un carburant (une essence ou un diesel) dont ils constituent une part, un pourcentage. Chaque automobiliste en consomme donc à la pompe sans le savoir : leur présence n'est parfois mentionnée que dans certains mélanges où leur taux dépasse les 10%, et doit sinon être adaptée à la combustion par tout type de moteur.

Dans ces conditions, il est impossible de comparer différentes versions d'un produit fini, puisque la proportion de biocarburants ne doit globalement altérer ni la composition chimique, ni les performances du carburant vendu. Il n'existe, en outre, pas de carburant de référence « sans biocarburant ». Pour comprendre ce que l'on entend par « différentes générations » de biocarburants, il nous faut donc, en amont, en passer par l'étude des dynamiques de recherche et développement de cette innovation.

En complément des entretiens sociologiques que nous avons réalisés avec des chercheurs et *managers* de la recherche en bioénergies, nous avons développé une méthode quali-quantitative originale, qui permet de rendre compte des recherches entreprises et de leurs dynamiques. L'étude de l'évolution des collaborations entre entités de recherche nous a fourni un point d'entrée, dont les caractéristiques ont fait l'objet d'une riche littérature théorique fondée sur des analyses quantitatives (Beaver 2001 ; Katz et B. R. Martin 1997). Mais celles-ci, tout comme l'immense majorité des études scientométriques en général, réduisent la collaboration scientifique à la seule co-publication d'articles. Cette approche présente pourtant certains défauts :

La plus sévère limite sur les données de co-autorat est que de telles données ne peuvent permettre que des aperçus figés des dynamiques internes de collaborations. Les études bibliométriques regroupent des projets collaboratifs spécifiques en des instantanés statiques, sans aucune indication des processus sous-jacents de formation, organisation, et résultats. Le résultat publié est la seule preuve de la collaboration, divorcée de l'organisation sociale et du contexte.

Shrum, Genuth et Chompalov (2007, p. 8), notre traduction

Ce n'est pas tant la focalisation sur la seule publication scientifique qui pose problème que le manque de données structurées sur sa conception, sur son écriture. Nous nous sommes donc

proposés d'analyser les opérations de recherche que constituent les projets collaboratifs, dans une perspective réellement dynamique : alors que seule la date de publication est renseignée dans des bases de données d'articles scientifiques, la notion de projet, elle, rend réellement compte d'une durée (Schultz 2013). Cette approche répond en outre à un besoin plus fondamental, identifié par une littérature récente. Celle-ci stipule que cette forme de financement et d'organisation induit une manière spécifique de gérer une recherche, de se forger une carrière, mais aussi de pratiquer la science au quotidien : la « science en projets » (Barrier 2011 ; M. Hubert et Louvel 2012 ; Jouvenet 2011). La temporalité des recherches sur les biocarburants s'inscrit dans cette logique historique, et alors qu'une bibliométrie sur publications illustre avec justesse les échanges cognitifs intra-académiques, qu'une analyse des dépôts de brevets permet de saisir des dynamiques d'innovation et R&D propres au monde des entreprises privées, reconnaissons au projet cette capacité à rendre efficacement compte de recherches conduites dans le cadre de partenariats publics-privés, aujourd'hui majoritaires. À la suite de Shrum, Genuth et Chompalov (2007), qui proposent une théorie compréhensive de la collaboration scientifique, qui délaisse les interactions entre personnes pour analyser les structures du travail de collaboration entre organisations, nous pensons donc que l'étude des projets de recherche en lieu et place des publications peut être féconde. Notre cadre d'analyse consiste en la recension et l'étude de l'évolution des caractéristiques de l'ensemble des projets de recherches financés en France autour d'un domaine spécifique, celui des bioénergies.²

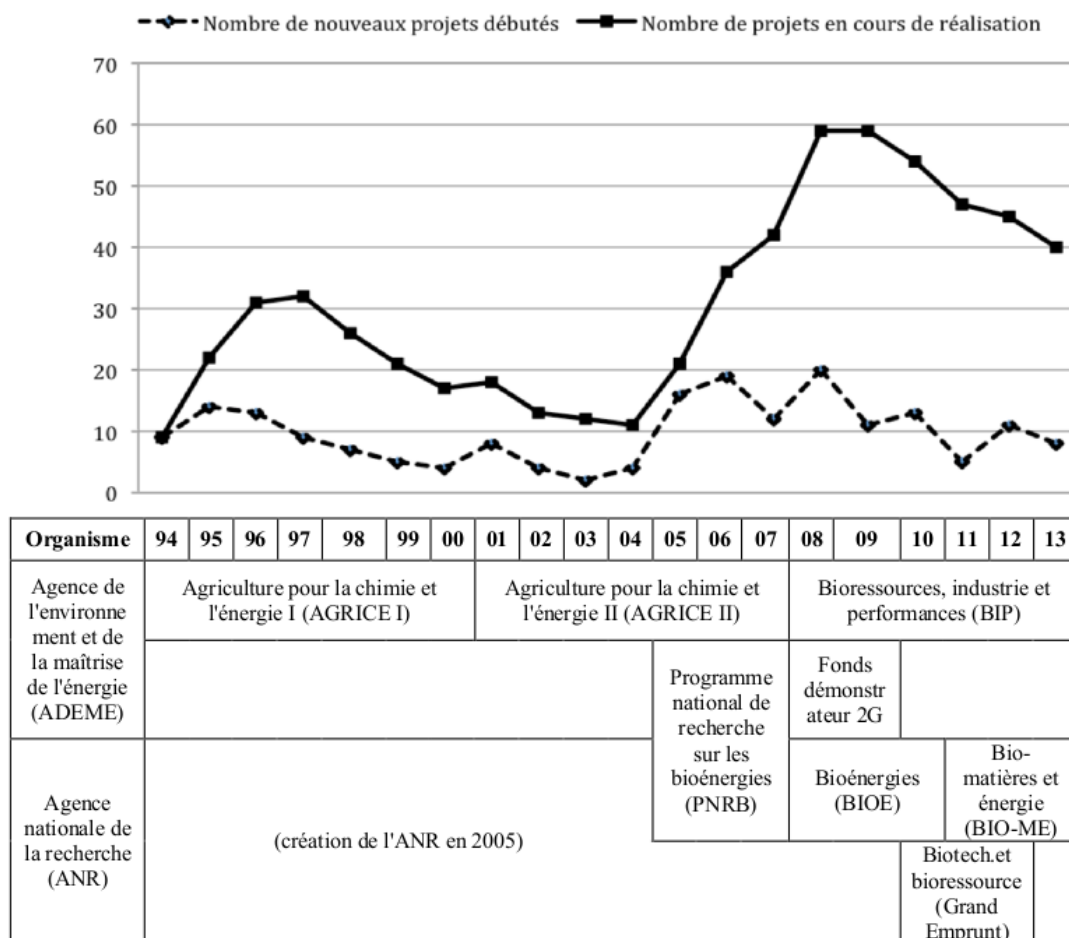
Alors que les articles, les livres, les comptes-rendus de conférences ou encore les brevets font l'objet de collectes d'informations, de processus de standardisation pour nourrir de larges bases de données scientifiques, les projets de recherche ont jusqu'à présent majoritairement échappé à ce mouvement. En ce qui concerne les bioénergies, les projets de recherche français ont été conduits et financés dans le cadre de nombreux programmes, dont les principaux sont répertoriés sur le tableau de la figure 2.1, p. 111.³ Le graphe de cette même figure indique le nombre de projets débutés, mais aussi le nombre de projets en cours de réalisation, qui correspond à beaucoup plus encore de collaborations bilatérales effectives à un moment donné, pour chacune des vingt dernières années. Nous avons cherché à collecter toutes les données relatives à l'existence et au déroulé de ces projets, sur les sites des agences et programmes de financement de la recherche, mais aussi à partir de données de terrain : entretiens sociologiques, conférences, visites de laboratoires de recherche, journées de restitution des projets devant les financeurs, pour atteindre une quasi exhaustivité.⁴

2. Restreindre l'étude à un seul pays fait ici sens dans la mesure où la question énergétique renvoie à des stratégies, une situation industrielle, des ressources et un réseau de distribution, spécifiquement nationaux.

3. Ont été recensés en outre : le pilote démonstrateur financé par OSEO, des projets régionaux, des projets labellisés par les pôles de compétitivité et financés par le Fonds unique interministériel, des projets financés dans le cadre du programme blanc de l'ANR, des Instituts d'excellence sur les énergies décarbonées (IEED) du Grand emprunt...

4. Nous avons par exemple rassemblé des présentations de type *Powerpoint*, afin de suivre les projets à différents stades et récolter des informations – ailleurs absentes – sur l'ensemble des chercheurs impliqués, ainsi que sur l'échelle de configuration plus fine que constituent les *workpackages*.

FIGURE 2.1 – Principaux programmes de recherche français sur les bioénergies et évolution du nombre de projets débutés et en cours de réalisation (1994–2013)



Notre base de données relationnelle⁵ recense à ce jour 197 projets de recherche, pour la période 1994-2014. Elle renseigne beaucoup d'informations relatives aux projets, aux organisations qui y prennent part et aux chercheurs ou managers de la recherche qui y travaillent. Nous sommes partis des données du projet : son nom, son acronyme, son résumé, le programme de recherche auquel il appartient, ses dates de début et fin, son coût, son financement public, la thématique de recherche selon laquelle il est classé... Nous avons ensuite recensé l'ensemble des organisations (laboratoires ou entreprises privées) qui y prennent part. Pour chaque organisation, son site web est renseigné, fouillé ; son nom, son statut, ses tutelles, son adresse physique, son domaine d'expertise sont enregistrés. Dans le cas d'une unité mixte de recherche par exemple, toutes les tutelles sont renseignées et donc une nouvelle fiche est créée pour chaque nouvelle entité rencontrée ; la base recense ainsi plus de 450 organisations. Les chercheurs ou managers de la recherche (leurs noms, fonction, parcours) sont eux aussi rattachés aux projets auxquels ils participent, et à l'entreprise, ou à l'institution et au laboratoire, qui les accueillent. Si une telle démarche de recension est chronophage, nous souhaitons souligner ses avantages

5. Cf. Annexe 2.A – Structure d'une base de données relationnelle de projets, p. 137

relatifs au contrôle des artefacts liés à la constitution des bases de données, par rapport à l'analyse d'un corpus préexistant. Si des données sont bien évidemment manquantes, nous savons lesquelles et dans quelle proportion, et essayons de limiter les problèmes de synonymie par exemple. Au cours des vingt dernières années, de nombreux laboratoires et entreprises naquirent, moururent, changèrent d'identité, se scindèrent, ou davantage encore, fusionnèrent, ce dont nous avons essayé de rendre compte. Des limites à notre approche se traduisent notamment par l'absence de données systématiques sur le montant des financements publics et sur le coût global des projets, et par le fait que seuls des projets de partenariat privé-public, objet d'un soutien public qui explique leur publicité, ont pu être recensés.

2.1 Une conception linéaire du développement technologique

Qu'il suppose un développement « naturel » de l'innovation au sein de cycles de R&D, qu'il l'inscrive *a posteriori* dans une lignée généalogique en lui inventant une histoire, ou qu'il cherche à justifier scientifiquement son évolution dans une perspective naturaliste, le concept de générations technologiques produit avant tout une linéarité : des connexions et une direction.

2.1.1 Une succession de générations, ou le progrès dans la continuité

Quoi de plus logique que d'imaginer que ce que l'on nomme « générations technologiques » correspondrait assez naturellement aux différentes étapes du développement d'un produit au fil du temps ? La numérotation permettrait alors de garder trace des améliorations et mises sur le marché successives, dans un emploi du terme de « génération » synonyme de « version ».

Une question de maturité technologique

L'extrait d'entretien suivant dresse ainsi un parallèle entre l'itération permettant de distinguer différentes générations de biocarburants et le niveau de déploiement de la technologie (sa « maturité »), qui lui est inversement proportionnel.

1^{re} génération, [...] c'est la seule chose qui marche à l'heure actuelle et entre le moment où on en a parlé et le moment où les premiers biocarburants sont sortis, il s'est passé douze ans. Donc 2^e génération, je ne sais pas quand on a commencé, mais avant que l'on ait des usines qui produisent de l'énergie pour le public, il va se passer beaucoup de temps. La 3^e génération, dire que ce sera pour demain, ce n'est pas... C'est quinze-vingt ans. Donc, c'est comme ça que je vois les générations, c'est par rapport à l'échelle de temps de maturité. C'est une vraie maturité. [...] La 3^e génération, [...] elle est au niveau R&D. Démonstrateurs, c'est 2^e génération.⁶

Le concept de génération permettrait donc de dresser un bilan clair de la maturité de différentes filières au sein d'une même innovation, en passe d'aboutir ou relevant d'initiatives encore théoriques plus périlleuses. Il semble logique de parler de première génération pour qualifier les

6. Entretien avec le directeur d'un laboratoire de génie des procédés du CNRS, 21 sept. 2011

seuls produits aujourd'hui vendus et de réserver d'autres numéros à ceux qui apparaîtront plus tard. Nous pouvons interpréter ainsi les courbes de la figure 2.1 (p. 111), qui indiquent l'évolution du nombre de projets débutés, et du nombre de projets en cours par année.⁷ Tout comme il est possible en démographie de distinguer des cohortes à partir de ruptures des rythmes de natalité et/ou mortalité, nous pouvons identifier sur ce graphe deux grandes phases de recherches : la première portée par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) sous l'égide du programme AGRICE à partir de 1994, et qui s'est essouffée dans les années 2000 alors que les premières recherches se concrétisaient en un marché des biocarburants de « première génération » ; et une seconde phase, débutée en 2005 et financée par de multiples programmes et organismes, toujours en cours. Le lancement récent de coûteux investissements (à hauteur de plusieurs dizaines millions d'euros de soutien public chacun) peut expliquer en partie le déclin, en nombre, de projets ces dernières années, alors que les biocarburants dits de deuxième génération ne sont pas encore sur le marché.

Les analystes en cycle de vie (ACV, cf p. 96), chargés d'évaluer les bilans économiques et environnementaux de chaque filière, du champ au pot d'échappement, soulignent combien une distinction entre première et seconde génération, fondée sur des degrés de maturité, fait sens pour leur travail, puisqu'elle reflète un saut qualitatif concernant les données dont ils disposent, appelant différentes méthodologies de traitement.

Ce qui est différent, du coup, c'est que dans l'approche on n'a pas les mêmes niveaux de précision dans les données. En soi c'est forcément différent, parce que dans un cas, première génération, il y a quand même des unités qui existent depuis maintenant un certain temps, donc il y a un retour sur les données qui est assez précis, qui a tendance à être assez bien consolidé. Dans le cadre de la seconde génération, pour l'instant les données... Les unités qui existent, ce sont encore des unités pilote, donc il y a quand même une certaine variabilité ou incertitude sur les rendements des unités, les schémas de procédés même, qui ne sont pas encore complètement figés. Donc, forcément, on appréhende ça de façon un peu différente ; [...] en termes de méthodologie, il y a des choses qu'on essaie de développer sur la dynamique des systèmes.⁸

Toutefois, ce seul critère de maturité fait oublier que le développement technologique ne se conduit pas en vase clos : longtemps, l'échéance d'une production effective de biocarburants à grande échelle s'est mesurée non pas en années, mais en dollars, à l'aune d'un nouveau seuil de prix que le baril de pétrole atteindrait et auquel des alternatives énergétiques deviendraient sinon rentables, du moins subventionnables.

L'inscription dans une lignée

Cette conception très linéaire de la chaîne d'innovation, que l'on retrouve au cœur d'appels d'offres successifs qui financent des projets, puis des démonstrateurs et enfin des pilotes, décrit

7. Nous privilégierons dans la suite de l'article cet indicateur prenant en compte la durée, et donc la vie, d'un projet.

8. *Entretien avec une chargée de projets en ACV, chez IFP Énergies Nouvelles, 10 avr. 2009*

surtout mal la temporalité des recherches menées. Ce dont certains chercheurs, qui dénoncent un effet poudre aux yeux, se plaignent.

Enquêteur — Qu'en pensez-vous, du concept de génération ?

Directeur de recherche en biotechnologies au CEA — Inadapté, mais faute de mieux... Ça ne veut rien dire, ça ne veut honnêtement rien dire. C'est dans l'idée que l'un engendre l'autre... Ça n'est pas du tout comme ça : ça se développe de façon totalement parallèle, ça s'entrecroise de temps en temps. C'est un terme politique, je dirais. C'est toujours faire monter d'un chiffre si on veut montrer qu'on est en avance sur l'innovation, mais à part ça, ça ne veut rien dire. Ça a l'avantage de sembler clair, ça permet aux gens d'avoir des termes communs, même s'ils ne savent pas ce qu'il y a derrière.⁹

Cette temporalité ne reflète pas la conduite effective des opérations, dans la mesure où, par exemple, des recherches sur les procédés de 2e génération¹⁰ – qui n'étaient évidemment pas nommés ainsi – précédèrent celles de la décennie 1990 sur des procédés dits de première génération ! Un chercheur de l'Institut Français du Pétrole remet à l'endroit, pour nous, une chronologie oubliée.

Ça ne m'a jamais tellement plu d'ailleurs première, deuxième génération, de séparer les choses. Disons que nous, la « deuxième génération », on y a travaillé début 1980, puis après ça s'est un peu arrêté, et puis ensuite après, c'est reparti. Parce qu'on pensait que sur la première génération, au moins sur l'éthanol, il n'y avait pas énormément de choses à faire. En revanche, sur le biodiesel première génération, on y a travaillé quand même un bon bout de temps, puisqu'on a mis au point les procédés de catalyse homogène et de catalyse hétérogène.¹¹

La temporalité implicite du progrès scientifique, présentée comme naturelle, représente mal l'histoire réelle d'une technologie. Les partisans du courant d'étude des sciences et des techniques intitulé *social construction of technology* partageaient comme manifeste le rejet de cette « présomption implicite de développement linéaire », et nous mettaient en garde contre l'aveuglement quant aux distorsions rétrospectives qu'elle provoque :

Trop facilement, les modèles linéaires résultent dans la lecture d'une téléologie implicite dans le matériau, suggérant que « toute l'histoire du développement technologique a suivi un chemin ordonné ou rationnel, comme si le monde d'aujourd'hui constituait le but précis vers lequel toutes les décisions, prises depuis le début de l'histoire, étaient consciemment dirigées ».

Bijker (1997, p. 6) citant Ferguson (1974, p. 19), notre traduction

L'emploi du vocable des « générations » concourt à cette vision progressiste. Il sollicite implicitement un modèle biologique de transmission héréditaire et mutation. Construite étymologiquement sur la racine indo-européenne *gen-*, qui signifie « engendrer, naître », la génération biologique – un cycle de développement entre deux événements de reproduction d'un organisme donné – désigne la naissance d'une nouvelle entité singulière, porteuse de gènes uniques issus de mutations, mais l'inscrit aussi dans un système de transmission génétique (sexuée ou non),

9. Entretien avec un directeur de recherche en biotechnologie des microalgues au CEA, 15 sept. 2011

10. Les pilotes des années 1980 de Soustons et Clamecy, évoqués précédemment, cf. p. 67.

11. Entretien avec l'ancien directeur du département Biotechnologies de l'IFP, 25 fév. 2009

une lignée. Cette notion généalogique se transpose dans le champ technologique, véhiculant « l'idée que l'un engendre l'autre... », pour reprendre un extrait d'entretien précédent.

Le concept de générations a précisément partie liée avec cette téléologie incluse au cœur du modèle linéaire, ce que les travaux de l'anthropologue Tim Ingold (2007, chap. 4) sur l'histoire de la ligne explicitent. La ligne généalogique décline graphiquement avec la représentation traditionnelle en arbre et conceptuellement avec l'idée de lignée, une ascendance ou une descendance de générations. Contrairement à d'autres lignes, celle-ci « ne croît ni ne circule, mais connecte », résultat de « sa cooptation en tant qu'instrument de méthode scientifique ». Charles Darwin, dessinant des arbres taxonomiques en pointillés très fins pour représenter et conceptualiser l'évolution des espèces, nous laissait mentalement tirer le trait continu reliant des générations d'organismes. Ce qu'Ingold explicite :

À la différence de l'évolution, qui se déroule sur des générations, la vie se déploie dans chacune d'entre elles. [...] La continuité de l'évolution n'est pas une continuité réelle en devenir, mais une continuité reconstituée d'individus distincts dans une séquence généalogique, où chacun diffère imperceptiblement de ses prédécesseurs et successeurs. [...] La vie de chaque individu est condensée en un point unique ; c'est nous qui traçons les lignes qui les connectent, puisque nous les voyons chacune comme un moment dans un processus continu.

Ingold (ibid., p. 114), notre traduction

Lorsque nous évoquons une ligne généalogique et des générations se succédant, c'est nous qui connectons, qui reconstituons donc naturellement, nécessairement, des lignes de transmission. Qui ne reflètent pourtant pas de dynamique réelle. Que supposons-nous donc transmettre ?

Le modèle généalogique réside dans la présomption que les organismes et les personnes sont dotés de spécifications essentielles pour porter une forme particulière de vie, indépendamment et en avance de leur croissance et développement dans un environnement, à travers la transmission d'attributs – que ce soit d'apparence, de caractère ou d'identité – reçus des prédécesseurs. Pour des organismes non humains, ces spécifications sont généralement pensées comme génétiques [...] ; pour des humains, on suppose souvent qu'elles sont complétées par des éléments de culture.

Ingold (ibid., p. 115), notre traduction

Pour des objets techniques, quelle spécifications supposons-nous être transmises ? Quelle rationalité sous-jacente certains innovateurs du domaine des bioénergies invoquent-ils en mobilisant une succession dénombrable de générations ?

Une rationalisation naturaliste

La catégorisation des biocarburants en deux grands ensembles s'opère usuellement autour de la mobilisation de matières premières (nommées biomasses, ou ressources) différentes : productions agricoles traditionnelles pour la première génération, parties ligneuses des plantes – tiges ou branches, troncs – pour la seconde. Comme le soulignent Bowker et Star (1999), tout

travail de catégorisation, s'il relève souvent d'une classification prototypique (associant un objet à un autre par ressemblance), construit son auto-justification sur une logique aristotélicienne (posant des principes discriminants qui déterminent l'appartenance à une classe spécifique). Ici, c'est la facilité ou la complexité à extraire des sucres à partir de ces ressources diverses qui a servi de critère à la hiérarchisation de ces dernières en groupes distincts :

[La classification en générations,] ça correspond à la complexification de l'extraction du substrat de fermentation, pour simplifier. Pourquoi ? Si vous avez une betterave, vous la coupez et vous la mettez dans un verre d'eau chaude : vous avez de l'eau sucrée. Si vous prenez de l'amidon ou un grain d'amidon qu'on broie – il faut déjà broyer –, vous mettez la farine dans l'eau chaude pendant un certain temps : ça aura tendance à avoir un goût de sucre. [...] Alors, ça dépend si on est sur une échelle logarithmique ou une échelle linéaire : si vous mettez, en effet, de la cellulose dans un verre d'eau, là, il faudra un bon bout de temps avant qu'elle commence à avoir un goût de sucre... Mais je voulais juste vous montrer que faire une segmentation aussi rigoureuse de première, seconde, troisième, pourquoi pas quatrième génération, je trouve ça idiot.¹²

Cet acteur ne met pas l'accent sur une rupture entre générations (une « segmentation », dont il nie la pertinence), mais sur une progressivité, une continuité d'ordre scientifique. Les fruits produits par une plante sont riches en glucose et fructose, des sucres dont les techniques d'extraction puis fermentation sont employées depuis toujours pour produire de l'alcool. Il en va de même pour l'amidon des grains de blé ou de maïs broyés, de structure chimique un peu plus complexe, mais dont la réaction de transformation en sucres est connue de longue date, à l'aide d'enzymes spécifiques – les amylases – présentes dans la salive. Ce premier ensemble de ressources, qui nécessite des technologies relativement simples pour produire des sucres fermentescibles, serait ainsi à l'origine d'une « première génération » de biocarburants. La « seconde » génération concerne elle des ressources moins évidentes à traiter, dites lignocellulosiques : les parois des tiges, des branches d'un arbre se composent en effet de sucres complexes (cellulose, hémicellulose) et de fibres insolubles (la lignine). Pour en extraire des sucres, il faut alors mobiliser des technologies biochimiques plus poussées, telle l'hydrolyse enzymatique.

On peut parler ici d'une conception naturaliste des générations technologiques, dans la mesure où, pour ses protagonistes, ce n'est pas seulement une catégorisation des bioressources employées comme matière première qui peut se justifier scientifiquement : ils étendent ce raisonnement aux technologies en charge de les transformer. Prenant appui sur la théorie de l'évolution, qui postule une coévolution des parois chargées de protéger les réserves de sucres d'un organisme et des enzymes intestinales qui les dégradent chez un prédateur, ces acteurs inscrivent les générations de technologie biochimiques mimant ces processus de plus en plus complexes, dans un ordre naturel du monde.

L'amidon, au cours de l'évolution, a été sélectionné pour être un polymère de réserve, qui doit être utilisé rapidement, d'abord par les plantes et puis ensuite par le prédateur de la plante, pour être utilisé comme sucre lent. Donc au point de vue de la logique du système, on arrive obligatoirement au cours de l'évolution à avoir des polymères qui peuvent être relativement facilement dégradés. [...] La lignocellulose, elle, a été sélectionnée au cours de l'évolution pour être un polymère de

12. *Entretien avec le directeur industriel du pilote de bioraffinerie 2G Futurol*, 27 mar. 2009

structure, donc pour être très difficile à dégrader. Il y a eu une coévolution entre les parois et la lignocellulose dans les plantes, et l'appareillage enzymatique dans les microorganismes et dans la flore microbienne sauvage au cours de l'évolution. Donc si la lignocellulose est dure à dégrader, c'est pas un hasard, c'est pas parce qu'on n'a pas de pot : elle a été choisie pour ça.¹³

La catégorisation en générations de technologies de production de biocarburants trouverait ainsi un fondement scientifique dans leur capacité à se confronter à des polymères progressivement plus résistants, en imitant des organismes qui se sont adaptés par le biais de la sélection naturelle.

Et donc, moi je le dis tout de suite, parce que c'est mon domaine : on est en train d'être capables, dans le domaine des enzymes, de faire des protéines pour une activité catalytique de type cellulase par exemple, mais qui n'ont jamais existé sur la Terre au cours de l'évolution. Et on peut les faire soit en associant des domaines protéiques qui appartiennent à des trucs complètement différents, à la limite qui étaient sur deux continents différents ; on peut faire ce qu'on appelle de la mutagénèse dirigée pour avoir des modifications ponctuelles ; et on peut faire de l'évolution dirigée, ce qui là est beaucoup plus profond.¹⁴

Selon cette conception, la classification en générations n'est donc justifiée par rien de moins que la théorie de l'évolution elle-même ; évolution que l'on étudie, mime, accélère, pour enfin bientôt la « prendre de court », comme le promettent certains adeptes de la biologie de synthèse.

2.1.2 Une prolifération de thématiques et la dynamique des générations

Nous avons souhaité comparer cette conception linéaire et naturaliste des phases de recherche et développement à l'évolution des projets de recherche sur les bioénergies financés et conduits en France durant les vingt dernières années. En commençant par lister les thématiques composant ce domaine de recherche, elles-mêmes riches par la variété de projets qu'elles comptent.

Un domaine foisonnant de recherches

Dans la majorité des appels à projets, les collectifs de recherche, pour candidater, doivent indiquer une sous-thématique spécifique, et la catégorie à laquelle émargent les projets retenus est parfois indiquée dans le document de sélection (il nous faut sinon la déduire). L'analyse des textes d'appels à projets, des résumés des projets financés, des rapports finaux de programmes (ADEME 2002, 2007), des diverses feuilles de route et documents de référence (ADEME 2011 ; PNRB 2005), des programmes de conférences, a évidemment fait surgir, sur vingt ans, une évolution des types de projets, mais aussi des catégories qui en rendent compte, c'est-à-dire des visions du domaine, qu'ont et insufflent en même temps chercheurs et *managers*. Si les premiers programmes distinguaient prioritairement des produits finaux : biocombustibles et bio-

13. Entretien avec un professeur des universités, ancien directeur du Programme National des Biotechnologies et président d'un pôle de compétitivité, 11 mar. 2009

14. Entretien avec un professeur des universités, ancien directeur du Programme National des Biotechnologies et président d'un pôle de compétitivité, 11 mar. 2009

carburants, puis à l'intérieur de ces derniers, esters et éthanol, cette dichotomie s'effaçait progressivement au profit d'un triptyque qui distingue des recherches portant sur la production et mobilisation de ressources et deux filières de transformation de cette biomasse : les bioressources / les procédés thermochimiques / les procédés biochimiques, tout ceci accompagné d'évaluations économiques et environnementales transversales. Si elle est disciplinaire (renvoyant respectivement à l'agronomie ou l'agroforesterie, la thermochimie, la biochimie, et les sciences sociales et écologiques) cette segmentation n'est pas évidente : elle ne rend pas justice à la grande diversité des activités de recherche scientifique sur les bioénergies en général et sur les biocarburants en particulier. Nous avons, à l'aide des documents indiqués précédemment, redistribué l'intégralité des presque 200 projets de notre base à l'intérieur des catégories du tableau suivant, évidemment sujettes à discussion mais le plus fidèles possible aux classifications des acteurs eux-mêmes. Pour donner chair à ce foisonnement de travaux *a priori* épars, nous avons, pour chaque sous-thème de recherche, décrit succinctement quelques projets réalisés.

| Code | Thématique | Nb | Exemple(s) de projet |
|------|---------------------------------|----|---|
| 11 | Ressources Évaluation | 7 | Projet REGIX (PNRB) : Référentiel unifié, méthodes et expérimentations en vue d'une meilleure évaluation du gisement potentiel en ressources lignocellulosiques agricole et forestière |
| 12 | Ressources Mobilisation | 12 | Projet 9601071 (AGRICE I) : Nouveaux itinéraires techniques pour le colza énergétique ou projet MECABIOFOR (BIO-E) : Mécanisation et optimisation des techniques de production et d'exploitation de biomasse forestière issue de cultures dédiées |
| 13 | Ressources Production | 11 | Projet 9701001 (AGRICE I) : Amélioration génétique de la résistance du colza au phoma : une assurance pour la production de biocarburant ou projet 9901055 (AGRICE I) : Étude du comportement rhéologique de l'albumen de maïs |
| 21 | Thermochimie Prétraitement | 6 | Projet TORBIGAP (PNRB) : Torrification et conditionnement de la biomasse en vue de l'injection dans un réacteur de gazéification sous pression |
| 22 | Thermochimie Conversion | 9 | Projet TURMIQUE (BIP) : Optimisation de la production d'électricité à partir de biomasse par un cycle externe utilisant un échangeur de chaleur et une turbine à gaz céramique |
| 23 | Thermochimie Gazéification | 16 | Projet GASPARE (AGRICE II) : Gazéification de la biomasse pour la synthèse et la production de carburants renouvelables ou projet BIOVIVE (BIO-E) : Biomasse viticole dans les fours à verre via un procédé de gazéification |
| 24 | Thermochimie Post-traitement | 8 | Projet THERMOCAPT (PNRB) : Développement d'un piège thermophorétique pour la capture d'aérosols liquides et solides pour l'épuration poussée des gaz issus d'une gazéification de la biomasse ou projet TURBOPLASMA (BIO-E) : Destruction de goudrons assistée par plasma thermique |

| | | | |
|----|---|----|--|
| 31 | Biochimie Prétraitement | 5 | Projet SPPECABBE (PNRB) : Stratégie de prétraitements physiques, enzymatiques, et chimiques appliquées à la biomasse – bio-éthanol ou projet STOCKACTIF (BIO-ME) : Stockage actif de la biomasse pour faciliter sa transformation industrielle |
| 32 | Biochimie Hydrolyse enzymatique | 12 | Projet ANR-05-PNRB-003 : Production du biocarburant éthanol par utilisation des savoir faire et infrastructures de l'industrie papetière ou projet FUNLOCK (BIO-ME) : Enzymes fongiques pour déverrouiller l'hydrolyse de biomasse récalcitrante |
| 33 | Biochimie Fermentation | 16 | Projet 9801065 (AGRICE I) : Fermentation de pentoses en éthanol par une souche recombinante de <i>Zymomonas mobilis</i> ou projet ANR-05-PNRB-005 : Fermentation des hydrolysats de paille de blé pour la production de bioéthanol, échelle pilote de laboratoire et démonstration de faisabilité sur pilote industriel |
| 34 | Biochimie Méthanisation | 13 | Projet SIMBIOSE (BIP) : Réalisation d'une unité pilote de production de biométhane agricole valorisé par injection sur le réseau de gaz naturel ou projet PROMETHEE (PNRB) : Compréhension et optimisation de la production par voie biologique en phase fermentaire de méthane et d'hydrogène à partir de la fraction organique des déchets des ménages |
| 35 | Biochimie Microalgues et lipides | 13 | Projet LIPICAERO (PNRB) : Production microbienne de lipides spécifiques à usage biocarburant pour l'aéronautique, approche intégrée de physiologie au procédé ou projet DIADOMOIL (BIO-ME) : Domestication des diatomées pour la production de biocarburants |
| 36 | Biochimie Hydrogène | 23 | Projet HYLIOX (PNRB) : Ingénierie enzymatique de l'hydrogénase pour une production d'hydrogène photosynthétique ou projet CAROUCCELL (BIO-ME) : Nanostructuration des anode et cathode pour une biopile à combustible H ₂ /O ₂ |
| 4 | Évaluation économique, environnementale | 17 | Projet 301071 (AGRICE I) : Développement d'un outil d'aide à la décision sur les biocarburants en France suivant une approche systémique ou projet BIOMAP (PNRB) : Analyse environnementale, socio-technico-économique et évaluation des risques des filières bioénergies |
| 5 | Esters, essais moteur | 21 | Projet 9701058 (AGRICE I) : Expérimentation avec des taux d'esters méthyliques d'huiles végétales dans des flottes captives ou projet 701031 (AGRICE II) : Parc roulant et B10, compatibilité et perspectives |

TABLE 2.1 – Liste des thématiques de recherche en bioénergies, répartition et exemples de projets

La conceptualisation naturaliste des générations précédemment exposée, portée par des acteurs spécialistes de biochimie (et donc habitués à raisonner à partir de notions biologiques), ne rendait compte que d'un champ singulier de recherche, celui de l'éthanol obtenu par hydrolyse enzymatique (représenté ici par la catégorie 32). Ceci concerne une minorité des projets

réellement conduits sur les bioénergies en France : cette histoire des sciences exclut de sa narration les recherches sur le biodiesel obtenu par estérification, des technologies thermochimiques de gazéification, ou encore d'autres procédés biochimiques, telles la méthanisation à partir de déchets, la production de lipides à partir de microalgues, celle de biohydrogène. . .

L'effet générationnel

Nous avons produit deux graphes (2.2 et 2.3, p. 121) qui retracent l'évolution de la répartition des projets en cours, année par année, selon deux principes de classification : le premier correspond aux grandes catégories indigènes présentées précédemment, alors que le second réinvestit ces catégories en termes de générations, selon les acceptions généralement données à ce terme.¹⁵

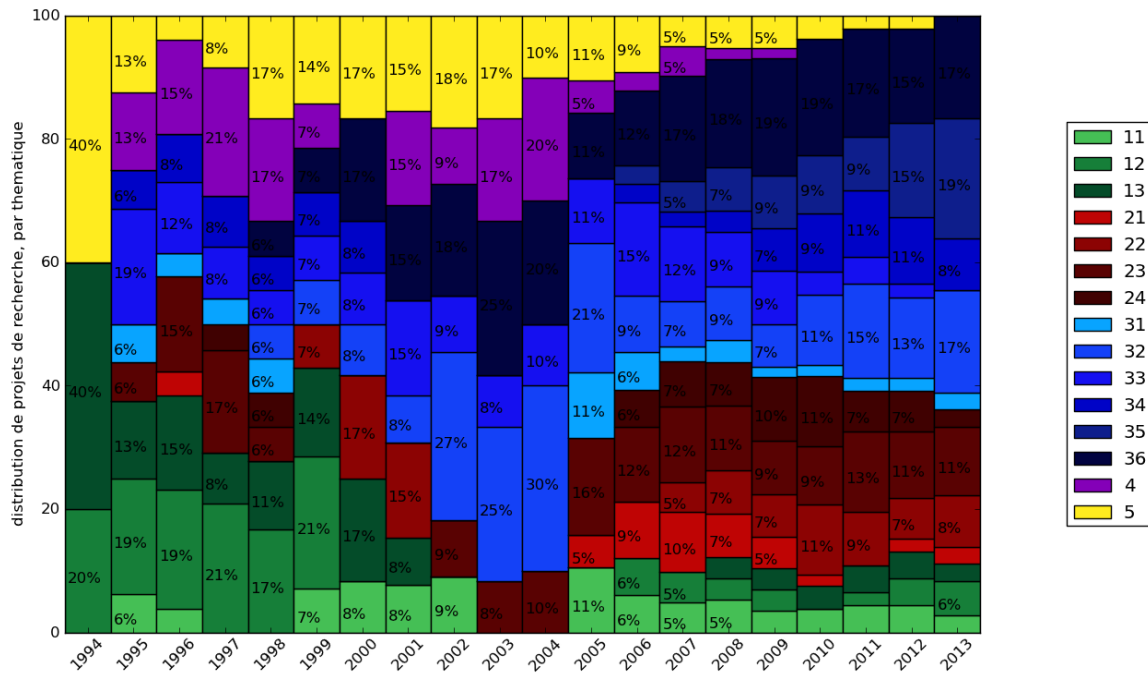
Sur la figure 2.2, on peut lire une rupture nette en 2005, alors que se structurent de nouveaux programmes de recherche : les projets dédiés aux procédés de transformation, thermochimiques et surtout biochimiques, deviennent alors très fortement majoritaires. Mais il est peu aisé de décrire de manière détaillée l'évolution de chaque thématique, dont la proportion par rapport au nombre total de projets varie chaque année. Les recherches portant sur la production et la mobilisation de biomasse disparaissent progressivement pendant la première décennie, pour se stabiliser ensuite. Les études sur les esters et les essais moteurs se font de plus en plus rares avec le temps, alors que des esters méthyliques d'huile végétale tel le Diester ont construit leur marché. Les recherches portant sur l'hydrolyse enzymatique (32), figure de proue de la seconde génération puisqu'il s'agit de la méthode la plus citée pour transformer la lignocellulose, qui faisaient déjà l'objet d'un pilote de recherche à Soustons dans les années 1980 (de même que les recherches en thermochimie à Clamecy) réapparaissent en 1998, pour constituer progressivement une part importante des recherches menées. Les recherches sur les microalgues (que l'on a tendance à nommer de troisième génération, catégorie 35) naissent en 2006 et connaissent un essor important.

La figure 2.3 permet de visualiser l'effet produit par le concept de génération : à partir d'une diversité de thématiques de recherche dont, si chacune connaît respectivement des phases de croissance ou de repli, le développement est globalement mené de front, cette classification produit une représentation dynamique de l'innovation, une génération se substituant progressivement à une autre. Cette catégorisation permet donc d'inscrire des procédés et ressources disparates dans une généalogie commune, et ce faisant, elle œuvre à forger l'unité d'un domaine de recherche aujourd'hui clairement identifié autour des bioénergies.

Mais en associant ces recherches très diverses, elle assimile des voies qui constituent des manières très différentes d'appréhender la production d'énergie : tel projet sur la ressource,

15. Nous avons regroupé en 1^{re} génération les projets relatifs aux ressources oléagineuses, les procédés d'estérification, la production d'éthanol par simple fermentation et les essais moteurs associés ; en 2^e tous les projets relatifs aux ressources lignocellulosiques (transformées par voie biochimique ou thermochimique) ou à la production de biométhane, en 3^e les projets microalgues, lipides et biohydrogène. D'autres classifications sont possibles.

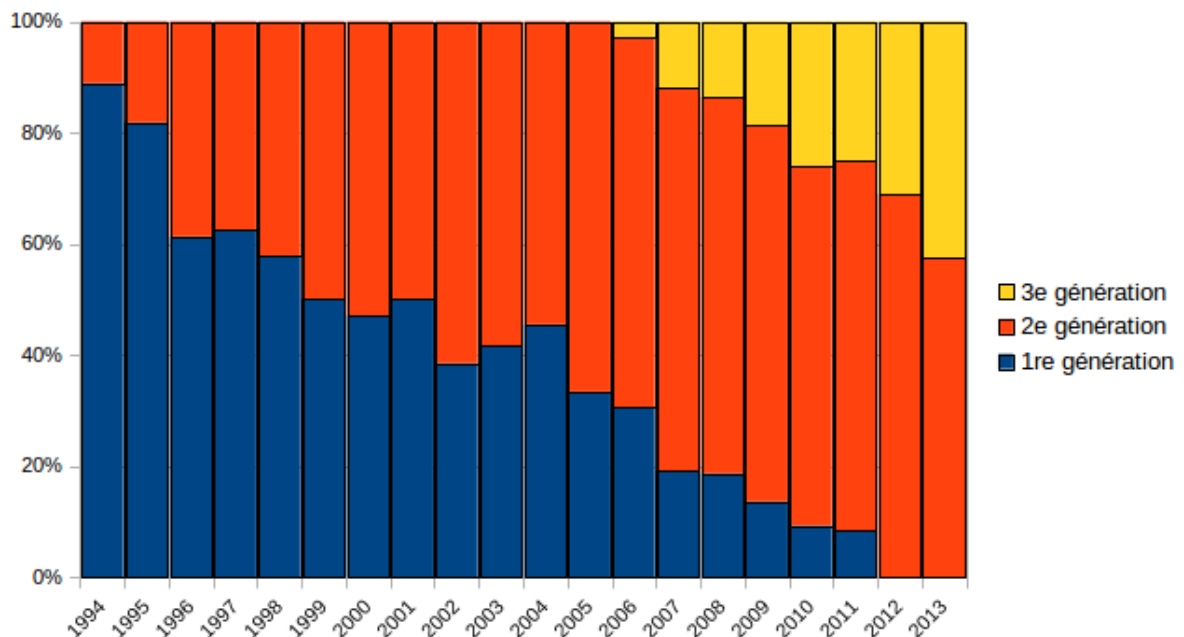
FIGURE 2.2 – Évolution de la distribution des projets en bioénergies, par thématiques de recherche



Thématiques de recherche :

- Ressources (vert) – 11 Évaluation ; 12 Mobilisation ; 13 Production
- Thermochimie (rouge) – 21 Prétraitement ; 22 Conversion ; 23 Gazéification ; 24 Post-traitement
- Biochimie (bleu) – 31 Prétraitement ; 32 Hydrolyse enzymatique ; 33 Fermentation ; 34 Méthanisation ; 35 Microalgues et lipides ; 36 Hydrogène
- Évaluation économique environnementale (violet) 4
- Esters, essais moteurs (jaune) 5

FIGURE 2.3 – Évolution de la distribution des projets en bioénergies, en termes de générations



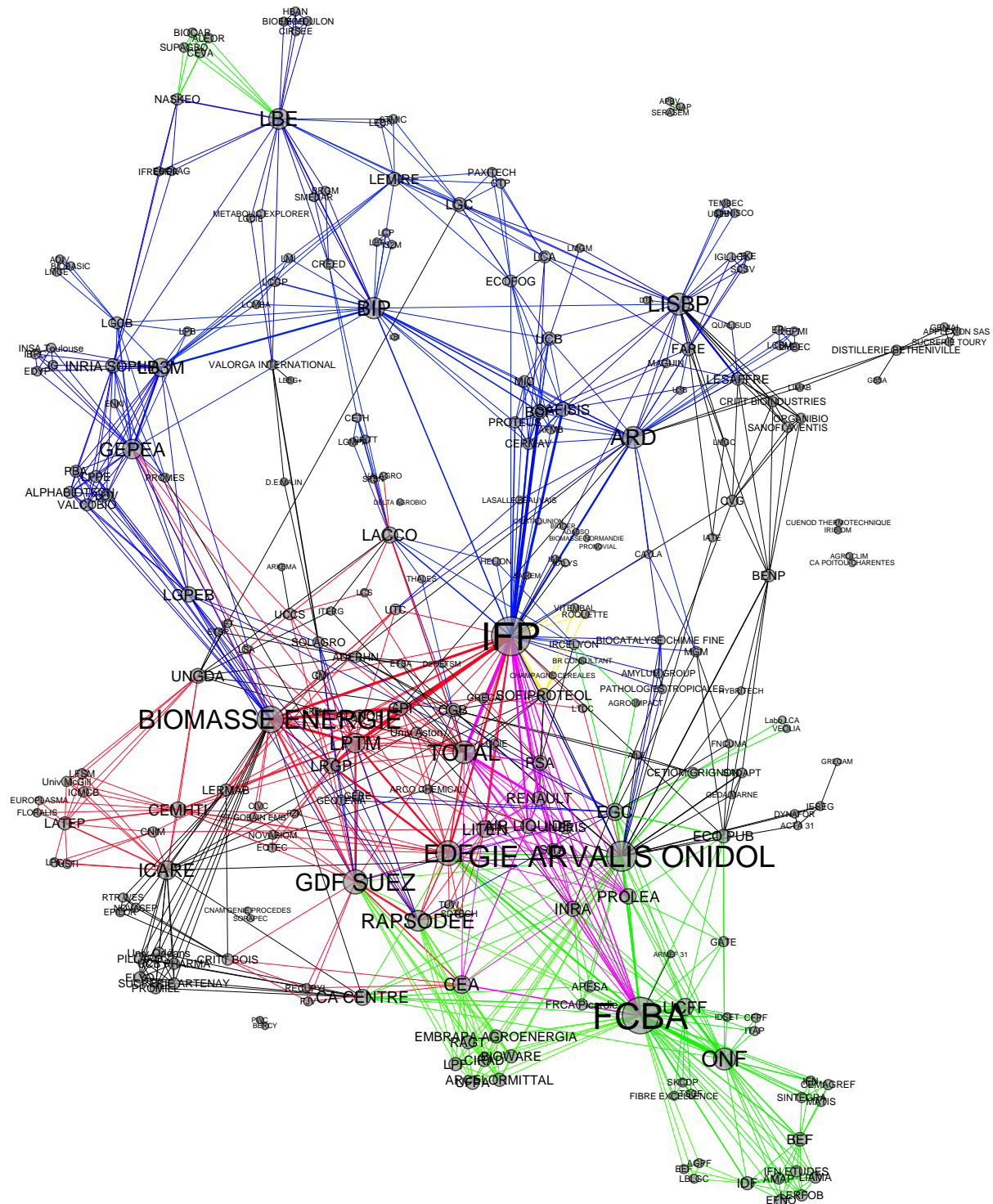


FIGURE 2.4 – Exemple de réseau de collaborations au sein de projets de recherche sur les bioénergies en France (Programmes AGRICE I & II, PNRB, Bioénergies).

Les noeuds représentent des organisations ayant participé à un projet de recherche sur les bioénergies en France entre 1994 et 2014. Elles sont reliées entre elles par des collaborations au sein d'un même projet de recherche. La couleur du lien indique la thématique générale de recherche sous laquelle le projet a été classé : en bleu la biochimie, en rouge la thermochimie, en vert les recherches portant sur les ressources, en rose les évaluations économiques et environnementales, en jaune les essais moteur. Une visualisation dynamique du réseau complet est accessible sur : <http://bioenergies.cortext.net>.

qui étudie comment récupérer mécaniquement les petits branchages abandonnés au sol après la coupe d'arbres en montagne, tel projet thermo-chimique qui mobilise de l'énergie nucléaire pour gazéifier de la biomasse dans un four à 1400 degrés Celsius, le procédé Fischer-Tropsch permettant ensuite de transformer ce gaz en combustible liquide, ou encore tel projet biochimique qui va, lui, s'inspirer du système digestif de la termite ou encore de la vache pour produire du méthane... Tous seront assimilés sous l'étendard de la « deuxième génération ».

La carte-réseau des collaborations entretenues au sein de projets de recherche (figure 2.4, p. 122) nous montre que les acteurs travaillant sur les ressources, ceux qui œuvrent à améliorer des procédés thermo-chimiques et les biochimistes, forment trois sous-ensembles distincts (identifiables sur la carte en groupes de couleur vert, rouge et bleu) ; les entretiens nous confirment qu'ils dialoguent peu. Ces catégories, leur segmentation, font donc sens, puisqu'elles renvoient concrètement à des réseaux d'acteurs et de collaborations distincts. La logique générationnelle, si elle a l'avantage de présenter une dynamique bien plus lisible, ne représente aucunement ces grands cloisonnements inhérents au monde scientifique et industriel des bioénergies.

Ni scientifique, ni technologique

J'avais appris des choses : « bon, il y a trois générations de carburants, première génération ce sont les réserves (en amidon ou lipidiques) de la plante, la deuxième c'est celle qui utilise la lignocellulose, et la troisième c'est celle des filières autotrophiques, des microorganismes ». Et je me suis aperçu que ce n'était pas aussi clair pour tout le monde. Et que c'était même très compliqué. Pour moi cette définition me semblait très bien, c'était logique : elle suivait une certaine *timeline*... Mais en fait non, beaucoup de gens parlent de génération microalgues avec tous les microorganismes, alors qu'il y a de l'autotrophie, de l'hétérotrophie... C'est tout mélangé, ça ne veut rien dire.¹⁶

Certains acteurs considèrent qu'aujourd'hui, faute de fondements scientifiques partagés, le concept de générations n'a plus lieu d'être employé entre spécialistes.

On a pris le parti de ne plus jamais utiliser ces termes-là, voilà. Tant qu'on sait de quoi on parle, on parle de substrats, de *process*, et de carburants associés à leur valeur d'usage. On ne parle plus de générations : on s'en fiche, maintenant, on a les gens du métier, on n'a pas besoin de ça.[...] On en sort, ça a été un débat assez costaud au début, assez marrant. Les gens tenaient à leur nomenclature, alors que ça n'a aucune importance et aucun intérêt.¹⁷

D'autres, cependant, considèrent que les enjeux à l'emploi du vocable de générations ne sont qu'indirectement technologiques ; un problème de cohérence scientifique ne le discrédite donc pas nécessairement.

Pour moi, ce n'est pas technologique, parce que ce sont juste des matières premières différentes qui sont adressées. La technologie, du coup, elle se plie à la matière première. D'ailleurs on le dit : G2, c'est la lignocellulose, la G1 c'étaient les huiles, amidons et sucres, G3 c'est plutôt le captage de CO_2 et la lumière pour les algues, et puis G4, on en parle déjà alors que la G2 n'est toujours pas sortie. [...] Moi, la G4, je n'ai jamais compris ce que c'était.¹⁸

16. Entretien avec le responsable Carburants alternatifs chez Airbus, 27 sept. 2011

17. Entretien avec le responsable Carburants alternatifs chez Airbus, 27 sept. 2011

18. Entretien avec le directeur du département Biotechnologies de l'IFP Énergies Nouvelles, 14 sept. 2011

Sans ses fondements technologiques, le concept de générations de biocarburants perd de sa linéarité : il ne connecte plus ; il distingue. Ainsi, les différents types de matières premières énumérés renvoient aux possibles usages alternatifs et donc concurrentiels qui en sont faits. Une meilleure définition des générations reposerait-elle, avant tout, sur des ruptures sociales, voire morales ?

2.2 Des ruptures au secours d'une innovation controversée

Karl Mannheim (1928) identifiait une opposition entre une conception quantitative des générations sociologiques, fondée sur des variations de rythmes biologiques (hausse ou décroissance des taux de naissance et mortalité) et qu'il qualifiait de positiviste, et une vision romantique–historique plus spirituelle, embrassant un vécu qualitatif du temps, où les critères culturels prévalent. Pour lui, le « problème des générations » consistait précisément à comprendre comment, d'un flux continu d'individus qui naissent, vivent et meurent, émergent des groupes identifiables, qui font sens à la fois pour les contemporains et pour l'analyste. La génération au sens démographique se définit donc comme une cohorte singulière, qui se distingue de la configuration sociale précédente en constituant une rupture perceptible d'avec celle-ci. Elle s'incarne dans des formes historiques à partir d'événements marquants : la *lost generation* ou celle du *baby boom* à la suite des deux guerres mondiales, celle de Mai 68 désignant la classe d'âge ayant pu participer aux manifestations étudiantes... Un usage technologique du terme de génération se fonde sur ce concept de rupture sociale, qu'il emploie pour identifier et isoler des ensembles d'innovations.

2.2.1 Un piètre indicateur sociotechnique

À partir de 2007–2008, les filières de production de biocarburants ont été aux prises, à l'échelle mondiale, avec de nombreuses controverses (cf. p. 83), portant principalement sur leur rôle dans l'inflation des cours alimentaires, mais aussi sur leur mobilisation de terres arables, d'eau, sur les changements d'affectation des sols qu'ils provoquent, ou encore sur l'existence ou l'ampleur de la réduction des gaz à effets de serre qu'ils permettent. Aujourd'hui, la deuxième génération de biocarburants est présentée comme un ensemble de recherches plus exigeantes dans leur mise en œuvre (et plus incertaines quant à leurs débouchés), selon la logique du *technological fix* : la recherche formule de nouvelles promesses techno-scientifiques (Joly 2010) en réponse à des risques qu'elle engendre simultanément (Beck 1986).

Le détachement au sol

Sans nous prononcer sur le bien-fondé des imputations de la controverse intitulée *Food versus Fuel* – certains considérant que les biocarburants furent les boucs émissaires d'une spéculation planétaire sur le prix des matières premières, d'autres leur attribuant un fort degré de

responsabilité en les accusant d'affamer le Tiers-monde – nous pouvons affirmer sans ambages que ce que les numéros de génération de biocarburants seraient aujourd'hui censés distinguer, c'est en fait leur portée bénéfique ou leur nocivité, et donc *in fine*, la moralité de leur production qui devrait conduire, ou non, à un moratoire. À quelle aune mesurer la moralité d'un biocarburant ?

La distinction entre première et deuxième générations correspondrait de fait à un degré de concurrence avec des débouchés alimentaires, dans un contexte d'inflation. Pour autant, cette concurrence n'a pas été mesurée, calculée et mobilisée comme indicateur, mais globalement supposée dans le rapport plus ou moins direct qu'entretient la ressource au sol. En se focalisant sur des ressources moins disputées que le grain ou le fruit – les parties ligneuses d'une plante – la deuxième génération ne mobiliserait les terres qu'en tant que coproduit d'un usage alimentaire. Et à l'inverse de l'élevage, c'est le « sans-sol » de la troisième génération, c'est-à-dire la culture des microalgues en bassins, de divers microorganismes en réacteurs et parfois aussi la transformation énergétique des déchets, qui est le plus valorisé.

Maintenant, il y a une troisième génération. Moi, j'avais lancé ça au moment du PNRB.¹⁹ La première année, il n'y avait que la seconde génération dans l'appel d'offres, et dès la deuxième année, j'ai dit : « il faut s'intéresser maintenant à cette troisième génération, parce que c'est bien... ». Je reviens à ce que je disais : la biomasse lignocellulosique, où est-ce que vous allez la chercher ? Vous allez tomber très très vite sur les mêmes contraintes, qui sont des contraintes de sol, d'accord ? Et de productivité. Donc est-ce qu'il y a moyen de faire du sans sol, *grosso modo* ? Ben, le sans sol, c'est la troisième génération.²⁰

Ce rapport simpliste au sol est d'autant plus idéalisé qu'il constitue une ressource sémantique pour caractériser une proximité au monde, et donc aux intérêts, d'une agro-industrie honnie. Le développement d'une première génération avant la seconde ne résulterait pas de l'ordre naturel du progrès technologique, mais d'un choix lobbyiste français.

Animateur thématique Biomasse à l'INRA — La dynamique européenne, elle a été dès le début positionnée sur la biomasse lignocellulosique.[...] Au niveau national, la priorité a été agricole.[...] On a mis en avant des productions agricoles, le scénario blé – betterave – colza et manifestement le choix du développement des biocarburants qu'on appelle aujourd'hui de première génération.[...] Ce qu'on raconte aujourd'hui en France depuis 2007, on le racontait en 1992 à Bruxelles.

Enquêteur — La France aurait donc pris une mauvaise voie ? Comment ça s'est fait, pourquoi ?

Animateur thématique Biomasse à l'INRA — Ben, c'est la pression des lobbies agricoles, quoi.²¹

La France a en effet choisi de privilégier son agriculture, notamment les oléoprotéagineux à travers le développement de biocarburants de première génération, quand certains pays du Nord de l'Europe avaient, bien auparavant, mis l'accent sur les ressources ligneuses et la deuxième génération. Ils ne l'ont pas fait par altruisme, mais tout simplement parce que la foresterie et le modèle des papeteries–bioraffineries y étaient déjà prédominants ; il en va de même pour le

19. Programme National de Recherche sur les Bioénergies, ANR et ADEME (2005–2007)

20. Entretien avec l'ancien directeur du département Bioressources à l'ADEME, 12 mai 2009

21. Entretien avec un ancien président de centre, en charge de la thématique Biomasse à l'INRA, 12 mar. 2009

développement avancé des procédés thermochimiques en Allemagne, déjà développés à partir du charbon, énergie favorisée par ce pays peu nucléarisé.

Alors qu'une définition scientifique des générations mettait l'accent sur la progressivité et donc une logique interne des recherches entreprises, une conception principalement morale des générations insiste, elle, sur les ruptures qui permettent, pour le bien commun, de distinguer des catégories de biocarburants. Mais la linéarité du développement technologique n'est pas tant niée que l'on envisage plutôt une interférence nocive d'intérêts stratégiques et politiques à sa réalisation.

Une rhétorique d'étiquetage

Dans un tel contexte controversé, la décision fut explicitement prise de privilégier et financer exclusivement des recherches sur les procédés de seconde génération, au détriment de ceux de la première. Alors que s'opérait une transition entre agences de financement et accompagnement de la recherche, entre l'ADEME et l'ANR, la qualification de « nouvelle génération » prit une dimension extrêmement performative, comme condition *sine qua non* à la potentielle sélection d'un projet de recherche soumis.

En arrivant fin 2007 pour faire le programme 2008, la première chose annoncée, c'était de dire : on arrête les premières générations, tout ce qui est bioéthanol et diester. Donc ça, évidemment, ça m'a valu l'hostilité des grands comptes : qui céréaliers, qui oléagineux... Je les ai tous eus ici. Par rapport à des systèmes type ADEME, à l'ANR les responsables programme, je ne parle pas pour moi, sont quand même des gros seniors vachement compétents. [...] Donc ils peuvent répondre : « Pourquoi ? Est-ce que vous le faites par méchanceté ou par connerie ? ». En plus, trois mois après, il suffisait d'ouvrir même pas *Le Monde*, je veux dire *Le Parisien libéré* (*sic*), c'était écrit en gros : la déforestation en Indonésie pour faire de l'huile de palme, les bilans de ces filières-là... Ça a été une décision vraiment nette de dire « adieu la première génération ». En termes anecdotiques, notre directrice était venue me voir amicalement parce que j'étais nouveau venu : « Alors, ça va ? Tu as besoin de quoi ? ». J'avais dit : « Deux choses : une lampe de bureau – que tu vois là – et un gilet pare-balles ». ²²

La structure narrative des discours publics, tout comme l'extrait d'entretien ci-dessus, associe de fait la première génération à des agrocarburants néfastes, quand la recherche issue d'un univers de science pure et détachée d'intérêts grossiers, serait censée apporter à la société de nouveaux procédés pour produire des « bons » biocarburants de deuxième et troisième génération. On parle d'ailleurs aussi de biocarburants « classiques » et de biocarburants « avancés », jusque dans le dernier projet de loi relatif à la transition énergétique. ²³ Cette rhétorique d'étiquetage permet aux chercheurs de s'exonérer instantanément du soupçon de controverse, à laquelle, mieux, ils prétendent apporter des réponses. Et si les ministres, les médias, les opposants écologistes, mais aussi les chercheurs en sciences sociales qui s'y intéressent, continuent à n'accorder aucun répit aux biocarburants de première génération, eux aussi relaient naïvement ce message, cette catégorisation qui absout.

22. Entretien avec le responsable du programme Bioénergies de l'ANR, 27 fév. 2009

23. Projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte, 26 mai 2015

D'apparence, le concept de génération prétend ainsi représenter les étapes de substitutions technologiques qu'opèrent les mondes de la R&D sur une innovation (ainsi que sur son environnement et sur les pratiques sociales qui y sont liées), de manière à pallier les inconvénients mis au jour et à produire un consensus, même temporaire, entre acteurs concernés. Jusqu'au prochain problème, indétectable encore, qui appellera à produire une nouvelle génération que l'on désignera d'un numéro successif. Cette logique pourrait s'apparenter au graphe sociotechnique de Bruno Latour (2006) : ce schéma, basé sur l'analyse linguistique qui distingue axes syntagmatique et paradigmatique, conçoit l'évolution d'un objet technique comme le déplacement d'un front d'opposition entre des programmes et des antiprogrammes, ce déplacement résultant d'associations potentielles entre acteurs au fil de substitutions opérées sur les caractéristiques matérielles d'un objet. Dans la même lignée intellectuelle, un système sociotechnique, décrit par Madeleine Akrich (1989), telle la machine à fabriquer des briquettes destinées à la combustion à partir de tiges de cotonnier au Nicaragua (une forme de bioénergies déjà !), vise à montrer « la genèse simultanée de l'objet et de son environnement ». Mais à la finesse descriptive qu'exige le graphe latourien ou aux analyses profondes des interactions entre objet et environnement de Madeleine Akrich, ce concept de générations substitue une rhétorique un peu grossière, un discours à gros sabots qui, sans être forcément faux dans ses grands principes, est trop englobant pour réellement adresser des problèmes soulevés par une controverse, qu'il absorbe parfois à peu de frais.

2.2.2 Le bon grain, de l'ivraie

Car les problèmes soulevés par la controverse autour des biocarburants peuvent affecter toutes les générations, et certaines filières de la « première » en être exempts. Des analyses de cycle de vie portant sur les filières microalgues de 3^e génération témoignent ainsi de l'ambivalence de celles-ci, en fonction de l'énergie consommée et des engrais utilisés (Lardon et al. 2009). Les ressources de seconde génération, elles, sont soit prélevées sur des résidus de récolte, soit plantées sous la forme de nouvelles cultures dédiées, sélectionnées pour un fort potentiel en lignocellulose dégradable et une croissance rapide. La concurrence alimentaire est-elle évitée ? Dans le premier cas, la logique des coproduits inemployés d'une culture est parfois un leurre, les tourteaux servant par exemple déjà à l'alimentation animale ; dans le second cas, la pression foncière ne diminue pas forcément :

On dit : « les résidus agricoles, c'est pas utilisé », mais, mon œil ! Il suffit d'aller discuter un peu de près avec des agriculteurs pour voir que si, quand même, ils ne sont pas stupides, ils essaient déjà de leur donner une valorisation économique. Après, si demain il y a de nouvelles opportunités, ils feront peut-être des choix différents, mais des ressources non utilisées du tout, tout de suite, il n'y en a pas tant que ça. Si on veut qu'il y en ait plus, on est obligé d'imaginer des schémas où on va aller faire pousser exprès les cultures dédiées : soit taillis à courte rotation, soit des *miscanthus* ou des trucs comme ça... Et là, le débat où on ne sera pas en concurrence avec l'alimentaire, c'est terrain glissant quand même, parce que les champs sur lesquels on va les faire pousser...²⁴

24. Entretien avec la responsable Biocarburants chez Total, directrice de l'European Biofuel Technology Plat-

Les analyses de cycle de vie qui s'intéressent aux changements d'affectation de sols, qu'ils soient directs ou indirects, soulignent que la nature du sol remplacé (friche, terres agricoles, forêt primaire, etc.) importe davantage que la culture qui y sera ensuite faite (ADEME 2010). En fait, cette distinction par générations est difficilement applicable à l'échelle même d'un procédé :

[La distinction de plusieurs générations,] elle n'est pas toujours si claire que ça, parce que quand on fait de la G1, on a du coproduit, et si on utilise un coproduit via un procédé qui vient de la G2, personne ne saura si c'est de la G1 ou de la G2... On ne saura pas très bien, mais ce n'est pas très grave, peut-être.²⁵

Même lorsque des filières peuvent sans peine être identifiées à différentes générations, il n'est pas certain que les nouvelles soient toujours préférable aux anciennes. Pour ce partisan du développement des premières générations dans les pays en voie de développement, la mise en œuvre de procédés de seconde génération à l'échelle globale relève de l'aberration irréaliste, dans le seul but d'apporter, vite, une réponse à l'angoisse de la controverse :

C'est aussi sociologique parce qu'en fait, il a bien fallu annoncer au citoyen que non, le colza, finalement, ça ne va pas être la solution.[...] [On lui dit donc :] « La solution c'est : j'utilise la plante entière », ce qui est une stupidité complète d'un point de vue philosophique, mais d'un point de vue énergétique, c'est *flashy* quoi.[...] Alors que c'est peut-être bien plus efficace de laisser la nature faire la photosynthèse et des sucres, des lipides, des protéines et de les valoriser. Plutôt que de couper ça même depuis la racine et de coller ça dans un grand four. Mais, les gens, c'est ce qu'ils attendaient. Ils attendaient une réponse à, de nouveau, l'angoisse. Finalement, ni les éoliennes, ni les premières générations ne répondaient à l'après-pétrole, puis on est en train de leur expliquer par-dessus le marché que c'est même pas bon pour les gaz à effet de serre – ce qui est un mensonge éhonté, mais enfin bon... Donc il fallait bien quelque chose... et voilà, les secondes générations sont tombées à point nommé ! Maintenant, on va faire des plantations de produits qui ne seront pas alimentaires, c'est ce qu'on a dit : du bois. Et ça va être dans des endroits, très loin, où on ne fait pas de culture vivrière... Et puis où il n'y a pas d'orang-outans, pas d'orang-outans, hein ! Pas comme la forêt tropicale primaire où on met du palmier à huile... [...] Maintenant on sait bien... Là où il n'y a personne ? Ben justement, il n'y a personne ! Il va falloir sortir l'équivalent de 100.000t par an de là où il n'y a personne, ça va quand même poser des problèmes !²⁶

Le discours générationnel constitue donc une véritable technologie littéraire (Shapin et Schaffer 1985) : une rhétorique de confiance et croyance en un modèle de développement technologique qui présuppose que des nouvelles générations émergent spontanément pour apporter des réponses aux problèmes soulevés par une controverse. La répartition des ressources humaines et financières au sein d'instituts, de laboratoires et d'équipes de recherche, s'en ressent :

Il y a eu une espèce de grande pause, qui a eu des conséquences sur notre vie d'équipe au quotidien, bien sûr. La première conséquence par exemple, pour être plus clair, c'est qu'on est deux nous, deux chercheurs à travailler sur carburants plutôt première génération, et ils sont cinq à travailler plutôt sur de la seconde génération. Et en fait s'ils sont cinq-six, c'est parce qu'ils étaient seconde génération. Et pourquoi on est toujours que deux, c'est parce qu'on était en première génération et que, visiblement, c'était pas bien. Alors bon, les vieux loups comme moi, dans le domaine, je sais

form, 13 mai 2009

25. Entretien avec le directeur du département Biotechnologies de l'IFP Énergies Nouvelles, 14 sept. 2011

26. Entretien avec un directeur de recherches sur la biomasse énergie du CIRAD, 16 mar. 2009

bien ce qui va se passer demain, je le sais obligé, bien sûr, il n'y a pas de mérite, il y a 27 ans que je suis dedans, je sais bien qu'évidemment les demandes qui vont venir du terrain CIRAD Afrique, Amérique Latine, ça va être de la première génération. Donc on a un petit passage, un petit creux là, mais bon on va rebondir. On va rebondir.²⁷

Il favorise en revanche les nouveaux entrants, qui ont le vent en poupe.

Enquêteur — Quel a été l'impact de la controverse biocarburants sur vos travaux ? Est-ce que ça a eu un impact ?

Directeur de recherches en biotechnologie au CEA — Paradoxalement, ça a été une grande chance pour tous les projets dits 3^e génération, puisqu'à partir du moment où il est apparu clair que les filières soja et colza ou tournesol ne pourraient raisonnablement avoir qu'un impact très limité sur la provision en biocarburants, au risque sinon de mettre en danger la sécurité alimentaire, du coup les approches alternatives, dites de 3^e génération ont retrouvé de l'intérêt, même si de la part des industriels elles n'avaient pas la préférence parce qu'elles apparaissaient à trop long terme en matière d'application.²⁸

Certes, selon cette logique, les procédés précédents sont disqualifiés, mais les acteurs incriminés savent vite rebondir et apprennent eux aussi à parler le langage des générations, additionné de décimales !

Nous sommes convaincus – ce n'est pas un préjugé de notre part, mais c'est une idée que nous avons – que si on installe un jour des unités dites de seconde génération, à partir de matière cellulosique, elles ont tout intérêt à la fois du point de vue des capitaux à investir, mais aussi du point de vue fonctionnel et opérationnel et du point de vue versatilité, flexibilité, de s'intégrer avec des unités de première génération. C'est pour ça qu'on appelle ça la génération 1,5.²⁹

Génération 1,5... Cet oxymore met l'accent sur le refus de disqualifier des investissements industriels implantés au nom d'une nouvelle génération, tout en profitant de la même rhétorique. Il est possible d'y lire une façon d'assurer que, à l'exception du langage, les acteurs, les capitaux et en grande partie les procédés ne changent pas. Les générations coexistent donc, et sont pensées pour coexister, à différents niveaux.

Ceci étant il y a un *continuum*. Il est évident que ce sont les mêmes acteurs pour la première et la seconde génération, ils sont quand même très proches ces gens-là. [...] Et puis on s'aperçoit que, c'est vrai en particulier pour l'éthanol, dans une même usine, il est probable qu'on fera la première et la seconde génération. Tout simplement, parce qu'on veut exploiter la totalité de la plante. [...] Il y a un *continuum* technique et puis il y a un *continuum* aussi sur le plan de la ressource. N'importe comment, croire que, ce qui a été demandé par un certain nombre d'opposants – ah les moratoires ! Parce que ça c'est la grande invention du siècle : précaution, moratoire etc. Mais l'argument qui consiste à dire : « arrêtons les carburants de première génération et puis la seconde génération, vous allez voir, c'est la panacée ! » ne tient pas la rampe. Ne tient pas la rampe pour une raison très simple : c'est que même avec nos objectifs modestes, nous ne pourrions remplir ces objectifs modestes qu'en ayant les deux générations. Et puis vous avez un *continuum* dans le fait qu'il y a un effet cumulatif dans le processus technico-scientifique. Croire qu'on saute toutes les étapes d'un coup en disant : « mais vous savez, il y a un truc merveilleux là, qu'on fera dans je sais pas combien d'années », ce truc merveilleux, il n'aura pas lieu si vous n'avez pas entraîné une communauté dans le *process* de création technico-scientifique. Le *process* dans lequel a été entraîné une partie de la communauté avec la première génération débouche, a débouché sur la seconde. [...] Si on avait

27. Entretien avec un directeur de recherches sur la biomasse énergie du CIRAD, 16 mar. 2009

28. Entretien avec un directeur de recherche en biotechnologie des microalgues au CEA, 15 sept. 2011

29. Entretien avec le directeur industriel du pilote de bioraffinerie 2G Futurol, 27 mar. 2009

dit : ne vous occupez pas de la première, on verra bien la seconde bon, ben vous auriez eu un beau trou et pas de démarrage, pas de démarrage ! Donc là, sociologiquement il y a un *continuum*. Si vous n'avez pas de communauté qui a du grain à moudre et qui s'engage dans un processus qui va évoluer, vous n'avez personne.³⁰

Continuum industriel, sur le plan de la ressource, effet cumulatif, *continuum* sociologique... Si technologiquement, le concept de génération rassemble des recherches hétéroclites sous une même dynamique linéaire ; à l'inverse, socialement, ce même concept met en avant des ruptures alors que de nombreux acteurs, chaînes de production et transformation industrielles, restent les mêmes. En entrant dans le vif du sujet, beaucoup d'acteurs reconnaissent volontiers un écart entre le discours générationnel et la réalité du développement technologique sous-jacente. Ils défendent cependant un usage rhétorique, qui permet de partager un vocabulaire commun.

2.3 Un usage politique plus qu'une nécessité rhétorique

Beaucoup de chercheurs et managers de la recherche en bioénergies, incertains quant à nos connaissances sur leur domaine et capacités de compréhension technique, ont souvent entamé nos entretiens par une narration basée sur le principe de générations, avant de, plus en avant dans la discussion, rejeter la pertinence de ce terme et se défendre de l'employer dans un contexte scientifique. Son emploi permettrait à des acteurs issus de mondes hétérogènes, qui mobilisent des procédés très divers, de communiquer entre eux, mais aussi de dialoguer avec des publics profanes.

2.3.1 L'évolution conjointe des catégories et structures de collaboration

Vous savez, on a besoin de discours clairs et de distinguer des phases. Il y a une contradiction entre l'explication et ce qui est nécessaire en matière de *continuum* scientifique et technique, en effet. Mais vous ne pouvez pas vous empêcher, dans le discours, de nommer les choses. Et en cela, il est tout à fait naturel qu'on parle de générations parce que ça aide dans le discours et la conceptualisation, finalement. Parce qu'il y a énormément d'acteurs, et vous avez le public, qui est concerné : il faut qu'il y comprenne quelque chose. Quand vous commencez à être dans des choses qui ne se distinguent jamais, vous ne pouvez rien expliquer, c'est extrêmement difficile. Donc là, c'est vrai qu'il faut un peu bousculer la réalité scientifique et technique pour rendre les choses un peu compréhensibles. Pour moi, c'est une chose nécessaire.³¹

À mi-chemin entre objet frontière (Star et Griesemer 1989) et outil de vulgarisation, le terme de générations constituerait un intermédiaire nécessaire au dialogue entre acteurs. Si le concept de générations décrit mal l'évolution du contenu des opérations de recherche menées, ou leur pertinence sociale à répondre à une controverse, il serait utile dans une visée pédagogique : une abstraction, comme celle d'un cours de physique du secondaire, qui, omettant les frottements de l'air, nous enseigne que deux corps, peu importe leur masse, chutent sur Terre dans le même temps – ce que la réalité dément. Dans quel contexte ce besoin rhétorique s'est-il fait ressentir ?

30. Entretien avec l'ancien directeur du département Bioressources à l'ADEME, 12 mai 2009

31. Entretien avec l'ancien directeur du département Bioressources à l'ADEME, 12 mai 2009

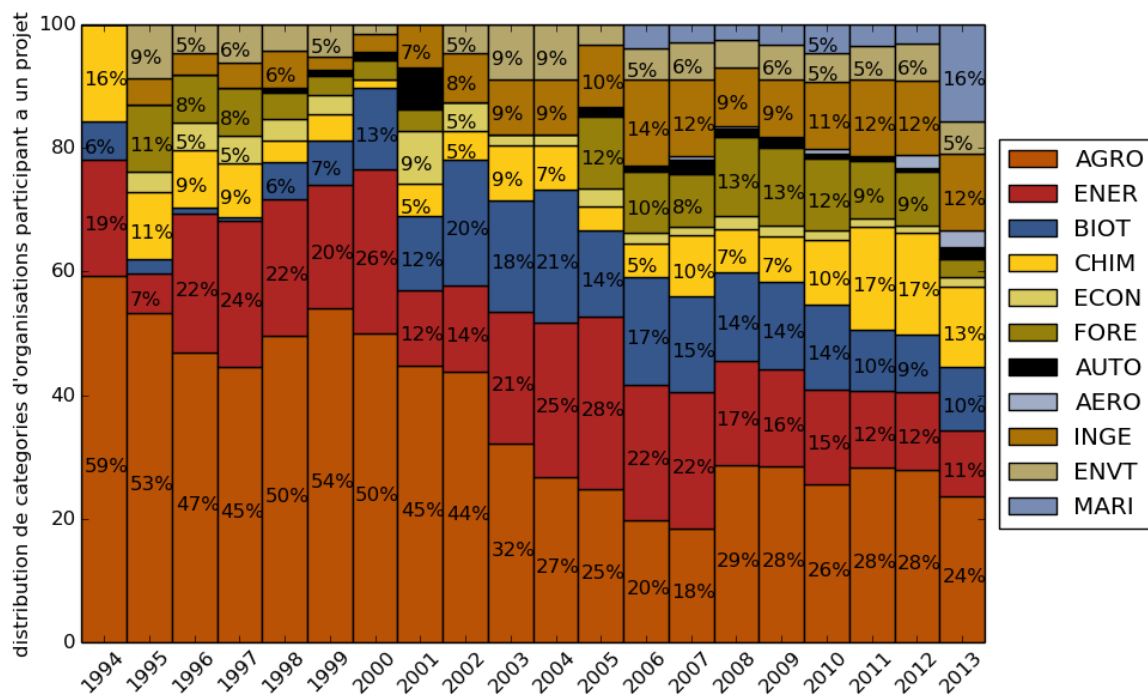
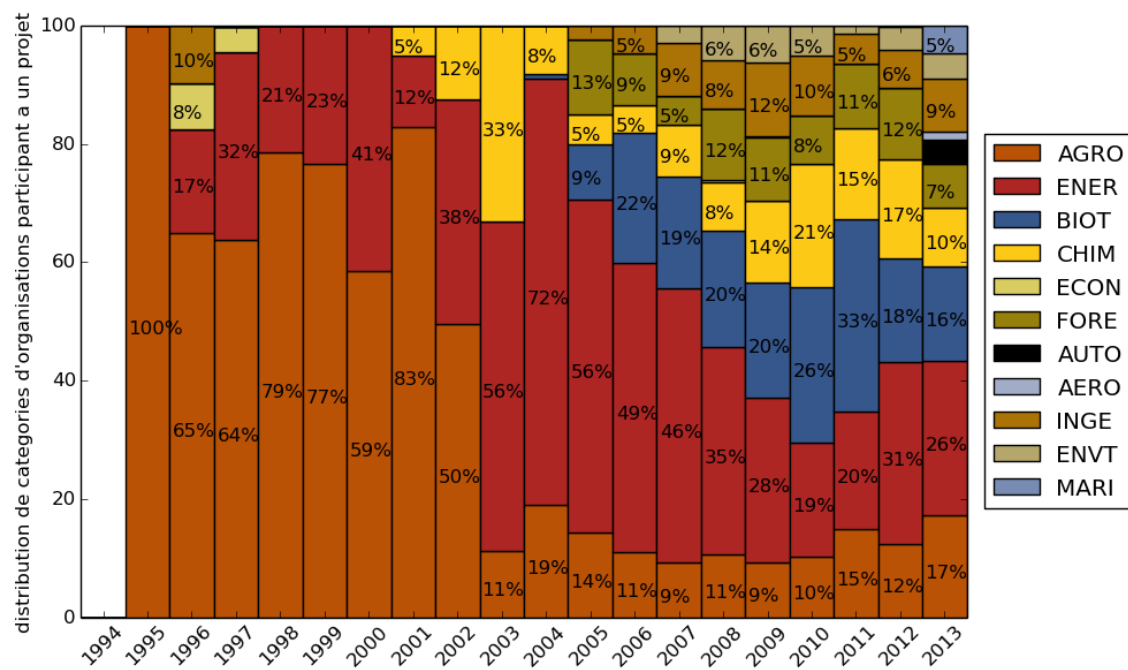
Nous proposons de comparer l'évolution des principes de classification des opérations de recherche sur les bioénergies à celle de la structure de notre réseau de collaborations entre acteurs. Parmi d'autres caractéristiques, nous avons renseigné dans notre base de données une typologie des secteurs d'activité des organisations impliquées, que nous pouvons assimiler au monde social dans lequel elles évoluent. C'est en se familiarisant avec chacune de ces organisations que nous avons opéré des choix de classification souvent évidents (Airbus c'est l'aéronautique, Total l'énergie, Renault l'automobile et les coopératives céréalières l'agroalimentaire), parfois plus délicats (nous nous reposons alors sur les discours indigènes), pour aboutir à la recension de secteurs suivante : agroalimentaire, énergie, biotechnologies, chimie et matériaux, analyse économique, monde forestier, automobile, aéronautique, ingénierie et procédés, environnement, monde maritime.

Afin d'étudier l'évolution des relations entre mondes sociaux, nous mobilisons des analyses de sociologie des réseaux et notamment certains indicateurs développés par cette communauté telles les *degree* et *betweenness centralities*. Ces mesures de centralité qualifient le positionnement d'un nœud au sein d'un réseau : la centralité de degré définit le nombre de liens qui partent ou arrivent sur chaque nœud et mesure donc son activité ; une forte *betweenness centrality* signifie que le nœud joue un rôle d'intermédiaire entre divers ensembles, que l'on peut interpréter comme la capacité de l'entité à créer un lien entre des univers sinon déconnectés (Leydesdorff 2006, l'emploi comme mesure de l'interdisciplinarité). Pour ces deux indices, nous avons, par le moyen d'un petit algorithme développé en Python³², sommé les centralités de nœuds appartenant à une même catégorie et rapporté ces nouveaux indicateurs en proportion du total. Le graphe 2.5 indique donc, par an, la proportion de collaborations entretenues par chaque secteur d'activité et le graphe 2.6 indique la force de chaque secteur à se positionner comme un intermédiaire indispensable.

La lecture du graphe 2.5 nous renseigne sur la stabilité globale de la répartition entre types d'acteurs participant à des projets de recherche en bioénergies au fil des deux dernières décennies : hormis l'apparition d'acteurs aéronautiques et du monde maritime à partir de 2006, les évolutions sont lentes et traduisent principalement un déclin relatif du nombre de collaborations tissées par ou avec des acteurs du monde agroalimentaire. Nous constatons donc une continuité dans la progressive diversification des collaborations entre des mondes sociaux, qui globalement, étaient tous déjà présents dès 1995.

Le second graphe (figure 2.6) marque, lui, une rupture forte entre la première et la seconde décennie de recherche. Si des acteurs de mondes sociaux distincts participaient bien, depuis toujours, à divers projets de recherche, les cœurs du réseau, les points de passages obligés, étaient eux occupés par quelques acteurs incontournables issus des filières agroalimentaires (Sofiprotéol, Arvalis notamment), et de l'univers des spécialistes de l'énergie (surtout l'IFP, ex-Institut français du pétrole, aujourd'hui IFPEN : IFP Énergies Nouvelles). Il est donc correct de par-

32. Cf. Annexe 2.B – Calculs d'indicateurs dynamiques de catégories, p. 141

FIGURE 2.5 – Évolution de la distribution relative des *degree centralities* de chaque monde social (1994–2013)FIGURE 2.6 – Évolution de la distribution relative des *betweenness centralities* de chaque monde social (1994–2013)

ler d'agrocarburants en évoquant les produits de ces recherches, conduites jusqu'au début des années 2000, période à laquelle le nombre total de projets décline.³³ En 2005, une nouvelle génération d'acteurs répondant à des problématiques différenciées, propres à des mondes sociaux distincts, prend sa place dans la conduite des opérations, tissant un nouveau réseau distribué autour de plusieurs pôles (le monde forestier autour de l'institut technique FCBA, la biotechnologie autour de laboratoires publics tels le LISBP, le LBE ou le BIP, le biogaz autour de GDF Suez. . .). Il serait injuste d'attribuer ce réagencement à la seule création de l'Agence nationale de la recherche cette année-là, dans la mesure où celle-ci ne fit que financer le nouveau Programme national de recherche sur les bioénergies (PNRB) que coordonnèrent les équipes de l'ADEME, déjà en charge des programmes précédents.

Ce passage d'une structure du réseau de collaborations « en étoile » autour d'un noyau d'acteurs issus des mondes de l'agriculture et de l'énergie, à une structure distribuée autour de pôles représentant chacun un secteur d'activité distinct, est concomitant d'une évolution des principes de classification, et de l'apparition d'un nouveau vocabulaire.

Le programme précédent (AGRICE) structurait son volet biocarburants autour de deux grands pôles : les huiles et les alcools. De façon cohérente, cette dichotomie représentait des ressources (une betterave, un blé, un maïs ou un colza, un tournesol, un palmier à huile), des familles de molécules (éthers ou esters), des procédés (extraction de sucres et fermentation ou pression et transestérification), des produits finis (respectivement de l'éthanol dans l'essence ou du biodiesel dans du gazole), et donc des filières agricoles et industrielles, distincts. Le « document de référence » du PNRB, en 2005, regroupe toutes ces opérations en une première étape, et justifie sa propre existence sur le principe nouveau des générations :

En France, le potentiel supplémentaire de biomasse végétale mobilisable pour la production de biocarburants [...] est estimé à plus de 30 millions de tep, dont 80% environ sont constitués par la partie lignocellulosique de la plante. Or si l'on sait, par exemple, produire des biocarburants à partir des réserves de la plante (biocarburants de première génération), on ne dispose pas à l'heure actuelle de technologies pour la conversion industrielle de la biomasse lignocellulosique en carburant (biocarburants de seconde génération). [...] Il a été mis en évidence la nécessité de mettre en place un programme de recherche et développement sur les Bioénergies.

PNRB (2005, p. 4)

Il ne nous a pas été possible d'identifier avec certitude l'origine de cet emploi dans le domaine des bioénergies. Des recherches dans la base de données médiatiques Factiva nous ont permis de repérer son usage à partir de 2005 dans des campagnes de communication portées par des projets industriels en Allemagne, aux États-Unis, mais aussi pour désigner un partenariat franco-finlandais entre Neste Oil et Total.³⁴ Ces deux compagnies pétrolières nationales proposaient de produire du « next generation biodiesel », « more advanced » au sein du projet

33. Les données des années 2003-2004 sont donc sujettes à caution et la prépondérance d'acteurs issus du monde de l'énergie ne doit pas être surinterprétée.

34. Les premiers articles scientifiques mentionnant des *second generation biofuels* apparaissent en 2006.

NExBTL (*Next Generation – Biomass to Liquid*). Le groupe de travail et le comité de pilotage du nouveau programme se sont donc simultanément inspirés de ces nouvelles dénominations, pour présenter sous une même nécessité, des recherches portant sur tous types de filières :

Dans les groupes de travail qui ont fait sortir le Programme National de Recherche sur les Bioénergies, [...] il y avait cette approche où on voulait couvrir toutes les filières et toute la chaîne. [...] Clairement, il fallait tout couvrir, et il fallait que tous les acteurs autour de la table puissent y trouver leur compte.³⁵

Les membres de ces groupes d'orientation et les premiers porteurs de projets sont en effets identiques : la moitié des projets retenus en 2005 finançait un laboratoire ou une entreprise, dont un membre siégeait au comité d'évaluation du programme. Cette communauté composée de l'ensemble des acteurs identifiables sur cette thématique, aux intérêts nécessairement hétéroclites, a donc réussi à porter et stabiliser son propre programme de financement, pour ensuite s'élargir progressivement. Leur usage du terme de générations fut en cela performatif : en désignant sous ce vocable l'ensemble de leurs recherches futures, ils ont concrètement installé, et ce de manière durable, une nouvelle structuration des partenariats, un nouveau cadre d'innovation donc, que, rétrospectivement, l'on a pu aujourd'hui identifier en tant que « génération ».

2.3.2 Plaidoyer contre l'usage du concept de génération

Le terme de « génération » attribue donc indûment au produit fini des caractéristiques de son contexte d'élaboration. Des acteurs ont porté politiquement ce terme, pour se distinguer des recherches précédemment menées, et justifier la nécessité de financer les leurs. Dans cette « deuxième génération », débutée il y a presque dix ans, le cœur des programmes de recherche n'est plus inféodé à des seuls intérêts agricoles, mais traduit un univers très fragmenté, où beaucoup de voies, correspondant chacune à des intérêts et pratiques singuliers, sont explorées simultanément sans vraiment en privilégier aucune. Si certaines d'entre elles sont sans doute prometteuses, il est pour l'heure absolument illusoire de qualifier positivement l'ensemble de ces recherches, aussi disparates dans leurs mondes sociaux de référence que dans les futurs énergétiques, environnementaux et sociaux qu'ils proposent.

Dans le domaine des bioénergies, cette notion constitue une ressource rhétorique, mobilisée par des acteurs en quête d'un vocabulaire commun et simplifié pour dialoguer entre experts d'horizons divers, mais surtout avec leurs tutelles, l'État, les médias et le grand public, à partir de principes intelligibles. Elle n'est évidemment pas neutre, et associée à chaque nouveau cycle de recherche et nouveau numéro de génération technologique de biocarburants, une connotation méliorative. Elle y parvient tant à travers des conceptions internalistes qu'externalistes. L'idéologie progressiste de développement linéaire d'une technologie qui lui est liée, sous-tendue par

35. Entretien avec la responsable Biocarburants chez Total, directrice de l'European Biofuel Technology Platform, 13 mai 2009

des conceptions naturalistes, prétend à tort rendre compte d'une histoire et d'une logique proprement scientifiques. Ce concept tire aussi sa force d'une autre caractéristique : sa capacité à absorber une controverse, en isolant des ensembles de procédés qualifiés d'obsolètes, d'autres, prétendument exempts de tout reproche. Or, cette distinction ne repose pas sur une mesure de l'acuité des réponses apportées par chaque filière aux besoins sociaux ou aux problèmes engendrés.

Le terme de génération, porté politiquement pour désigner une nouvelle configuration des rapports de force entre acteurs en charge de la conduite de recherches, traduit l'avènement d'un nouveau cadre d'innovation. Sans rien dire de sa pertinence.

Ce chapitre constitue donc un plaidoyer à l'abandon de ce concept dans le cadre des bio-énergies (et sans doute au-delà), potentiellement néfaste en ce qu'il véhicule un discours simplificateur, qui ne représente aucunement des choix sociétaux essentiels dans un contexte contemporain de transition énergétique. Il faut expliciter la complexité des alternatives que proposent les bioénergies ; ce chapitre et cette thèse ont vocation à y participer. Ceci est nécessaire pour les chercheurs et innovateurs, qui, se faisant le relais d'une narration réductrice, prennent le risque de susciter de violentes controverses et des moratoires généraux qui ne feront pas la différence entre des approches et conceptions parfois opposées. Ça l'est aussi pour le dialogue science-société, qui doit inventer de nouvelles formes pour conter et rendre compte des savoirs, nouvelles formes qui présupposent plus d'intelligence collective chez les citoyens que la seule capacité à savoir compter : 1, 2, 3...

Conclusion

Un domaine de recherche peut, *stricto sensu*, se définir comme l'ensemble des opérations de recherches conduites sur une thématique, et reconnues comme telles. Par les dynamiques propres aux univers de R&D, mais aussi dans la manière dont ses acteurs les identifient, classifient et narrent, prend forme une conception singulière de notre monde et ses futurs.

Dans ce chapitre, nous sommes entrés au cœur du domaine de recherche en bioénergies, en confrontant les discours d'acteurs à une analyse scientométrique originale de l'évolution des projets de recherche financés sur cette thématique en France, depuis vingt ans. Ce travail nous a permis de prendre acte d'un foisonnement de recherches, disparates, comprises sous cette dénomination. Ces projets ne partagent pas un même produit fini, si ce n'est, au plus, l'objectif de produire une forme d'énergie, qu'elle soit liquide, solide ou sous forme d'électricité ou de biogaz. Ils ne partagent pas non plus une même matière première : le terme de biomasse renvoie à une multiplicité de plants, fruits et graines. En outre, de plus en plus de bioénergies se développent aussi à partir de sources non végétales : des déchets, des lisiers, des microalgues... Ce ne sont pas non plus des procédés, une méthode, une discipline, ou une spécialité au sens où la sociologie des connaissances les a définies (cf. p. 19), qui donne à ces recherches leur socle

collectif. Sur le fond, ce domaine de recherche constitue seulement le point de rencontre entre de nombreux travaux et une vague thématique.

La tentation est alors grande de penser que ces projets partagent seulement, opportunément, un même dispositif organisationnel de financement (Bozeman et Rogers 2002 ; Lee et Bozeman 2005), avec d'un côté « des projets qui existent dans l'esprit des bureaucrates » et de l'autre « des communautés de connaissances qui existent en tant qu'interactions humaines porteuses d'information » (Bozeman et Rogers 2002, p. 392). Nous ne partageons pas cette vision : un domaine de recherche, ce n'est pas seulement un ensemble de projets, mais aussi une infrastructure narrative (Deuten et Rip 2000), qui leur donne sens. Dans le cas des bioénergies, le concept de génération (technologique) joue ce rôle. Il prête au domaine une dynamique linéaire, mimant une évolution progressive et naturaliste, fondée scientifiquement. Il permet aussi de faire front, dans un contexte controversé, en séparant prétendument le bon grain de l'ivraie. Nous nous sommes efforcés à montrer en quoi ces générations étaient fallacieuses, et nous donnaient une vision fort partielle, fort partiale, des biocarburants et des bioénergies. Mais cette dénonciation ne remet aucunement en cause la force collective, que nous avons décrite, à l'origine de l'emploi de ce concept, qui vise à donner cohérence, et sens (à la fois une direction et une signification) à ce domaine émergent.

Le cadre du « domaine de recherche » ne constituerait-il cependant qu'un étiquetage habile, un habillage opportuniste et stratégique déconnecté de la pratique scientifique concrète ? Pour répondre à cette question, nous proposons à présent d'interroger le rôle joué par l'affiliation à un domaine au sein même du laboratoire, du point de vue de la construction de nouvelles connaissances.

Annexe 2.A – Structure d’une base de données relationnelle de projets

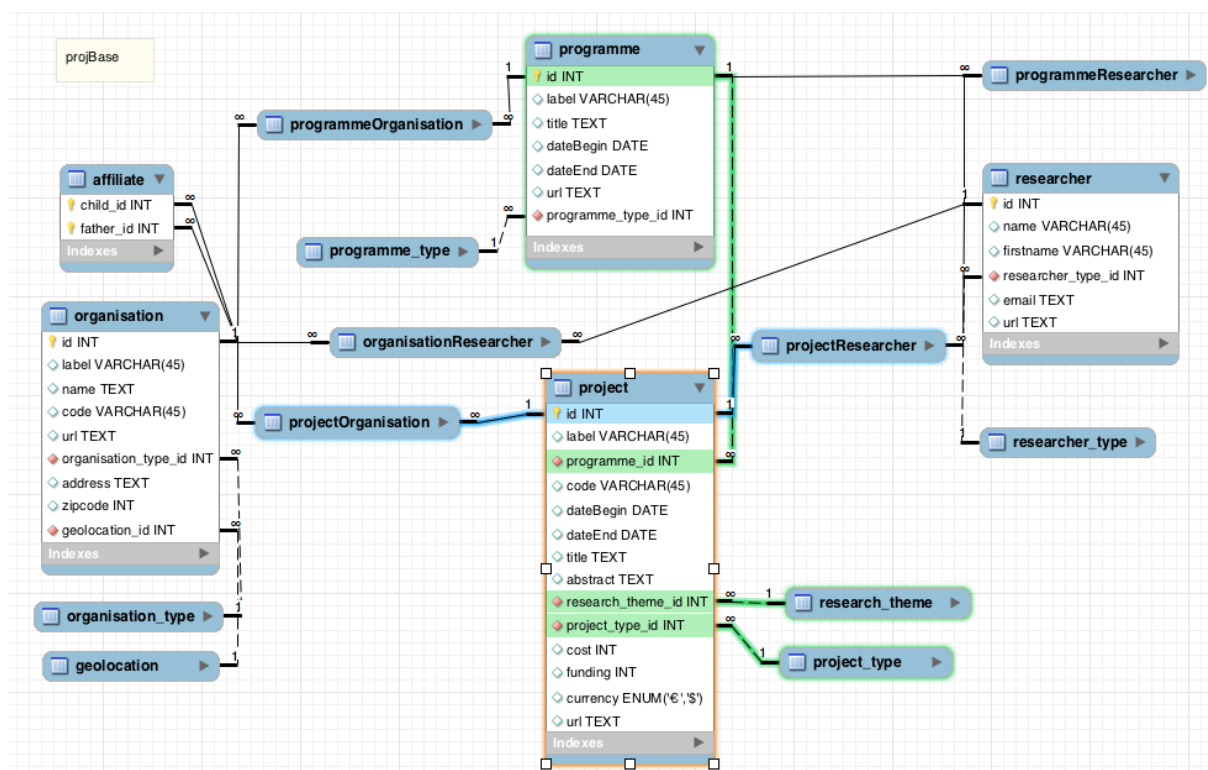
Alors que les articles, les livres, les comptes-rendus de conférences ou encore les brevets font l’objet de collecte automatisées d’informations, de standardisation et que leur données afférentes sont rassemblées au sein de larges bases de données scientifiques (*Web of Knowledge, Scopus, Google Scholar, Google Books, PatStat*, par exemple); les projets de recherche ont jusqu’à présent majoritairement échappés à ce mouvement. Si les projets financés par l’Union Européenne sont répertoriés dans la base CORDIS, accessible en ligne, les données sur des projets de recherche publics nationaux ne sont que eux que partiellement accessibles, et l’information à leur sujet, si elle existe, est disséminée. Nous avons donc rassemblé minutieusement et très extensivement toutes les données relatives à l’existence et au déroulé de projets de recherche en bioénergies dans l’espace national français : principalement sur les sites des agences et programmes de financement de la recherche en bioénergie, mais aussi beaucoup plus généralement à travers de nombreuses recherches sur Internet portant sur des sites de laboratoires, de chercheurs, d’événements scientifiques. Nous avons par exemple rassemblé le plus de présentations de projets de type *Powerpoint*, afin de suivre les projets à différents stades et récolter des informations – sinon introuvables – sur l’ensemble des chercheurs impliqués dans un projet. Enfin, tout au long de cette thèse, les terrains divers : entretiens sociologiques, conférences, visites de laboratoires de recherche, ont fourni l’occasion de collecter des données et découvrir d’autres dispositifs de financement de la recherche.

Nous avons commencé par collecter les données relatives au projet en lui-même : son nom, son acronyme, son résumé, au sein de quel programme de recherche, ses dates de commencement et de fin (théoriques mais corrigées par la durée réelle lorsque des projets ont été prolongés), son coût, son financement public, la thématique de recherche sous laquelle il se classe... Nous recensons ensuite l’ensemble des organisations (laboratoires ou entreprises) qui y participent. Pour chaque organisation, le site web est renseigné, fouillé; son nom, son statut, ses tutelles, son adresse physique, son domaine d’expertise sont enregistrés. Dans le cas d’une UMR par exemple, toutes les tutelles sont renseignées et donc une nouvelle fiche « organisation » est créée pour chaque nouvelle université rencontrée. Les chercheurs ou managers de la recherche sont eux aussi rattachés aux projets auxquels ils participent et à l’entreprise, ou à l’institution et au laboratoire, qui les financent.

Cette base ne peut prétendre à l'exhaustivité pour l'ensemble des opérations de recherche conduites dans le champ des bioénergies en France, mais elle est néanmoins très complète. Des projets internes à de grandes entreprises, volontairement tenus secrets, n'y sont évidemment pas recensés. Pour certains projets financés par l'État à travers le fonds unique interministériel (FUI), et labellisés par des pôles de compétitivité, seul l'acronyme est rendu public et il est très dur de connaître les organisations qui y participent, mais nous avons autant que possible rassemblé ce type d'informations.

Ce travail, débuté dans le cadre de la rédaction d'un mémoire de Master 2 Recherche (Tari 2009a), a été le point de départ du développement d'un module d'analyses des dynamiques de projets de recherches au sein de la plateforme CorTexT de l'IFRIS. La base de données relationnelle créée à l'origine sous *Access* a été repensée, traduite en PHP et portée sur une interface graphique en ligne nommée projBase grâce à l'aide de Philippe Breucker, ingénieur d'études du laboratoire INRA SenS. La structure de cette base,

FIGURE A.1 – Structure de la base de données relationnelle projBase



À partir de cette base de données, il est possible d'extraire des réseaux de collaboration scientifique au sein de projets, reliant des organisations impliquées dans la recherche en bio-énergie. Ces réseaux peuvent être visualisés grâce à des logiciels de cartographie, tel *Gephi*, à partir duquel nous avons produit la figure 2.4, p. 122, ainsi que la représentation interactive accessible sur : <http://bioenergies.cortext.net>. L'utilisation de ce logiciel de spatialisation et visualisation a été privilégiée car elle permet en outre de suivre les dynamiques temporelles d'association et dissociation des collaborations en fonction de la durée des projets.

FIGURE A.2 – Interface de la base de données relationnelle projBase

Filter

Programmes Projects Researchers Organisations

Link tables Type tables

PROJBASE
Biofuel backend - go to frontend

Projects

| <input type="checkbox"/> | Label | Programme name | Code | Date begin | Date end | Title | Research theme | Cost | Funding | Url | Actions |
|--------------------------|---------|----------------|---------|------------|----------|---|--|--------|---------|-----|--|
| <input type="checkbox"/> | 9601018 | AGRICE I | 9601018 | 1996 | 1997 | Compétition entre combustibles fossiles et concurrence entre les différents usages des matières premières ligneuses | 4 Evaluation Economique & Environnementale | 111288 | 48784 | | Edit Delete |
| <input type="checkbox"/> | 9601044 | AGRICE I | 9601044 | 1996 | 1999 | Modélisation de la production de cultures ligno-cellulosiques et herbacées à l'échelle d'une région | 12 Ressource - Mobilisation | 437529 | 60980 | | Edit Delete |
| <input type="checkbox"/> | 101037 | AGRICE II | 101037 | 2001 | 2002 | Approche intégrée, énergétique, environnementale, économique des nouvelles filières de production d'éthanol, fondée sur l'utilisation des pailles de céréales | 4 Evaluation Economique & Environnementale | 180118 | 26679 | | Edit Delete |
| <input type="checkbox"/> | 9501009 | AGRICE I | 9501009 | 1995 | 1996 | Méthane-carburant issu de biomasse en milieu rural : Réalisation d'un pilote industriel | 34 Biochimie - Methanisation | 114337 | 53357 | | Edit Delete |
| <input type="checkbox"/> | 9501050 | AGRICE I | 9501050 | 1995 | 1997 | Co-combustion de biomasse avec des déchets carbonés, imprégnation de polluants sur la lignocellulose, combustion et évaluation de l'intérêt pour la dépollution de sols | 23 Thermochimie - Gazeification | 99092 | 45735 | | Edit Delete |
| <input type="checkbox"/> | 9601024 | AGRICE I | 9601024 | 1996 | 1997 | Traitement et valorisation de la biomasse par fermentation méthanique | 34 Biochimie - Methanisation | 108239 | 53357 | | Edit Delete |
| <input type="checkbox"/> | 9601031 | AGRICE I | 9601031 | 1996 | 1997 | Combustion d'huile brute de colza, de vinasse et de fuel lourd pour la production de chaleur | 23 Thermochimie - Gazeification | 259621 | 105952 | | Edit Delete |
| <input type="checkbox"/> | 9601048 | AGRICE I | 9601048 | 1996 | 1998 | Pyrolyse pour la valorisation thermochimique de la biomasse sous haut flux de chaleur | 23 Thermochimie - Gazeification | 248492 | 76225 | | Edit Delete |

FIGURE A.3 – Exemple de données relatives à un projet de recherche dans projBase

EPURSYNGAZ - "Epuration des gaz ex gazéification de la biomasse"

Label: EPURSYNGAZ

Programme: PNRB

Code: ANR-06-BIOE-005

DateBegin: 01 / 01 / 2006

DateEnd: 01 / 01 / 2010

Title: Epuration des gaz ex gazéification de la biomasse

Abstract: Lors de la gazéification de la biomasse, les gaz contiennent des impuretés (métaux, alcalins...), et des aérosols (mélange liquide/gaz et/ou

Research theme: 24 Thermochimie - Post-traitement

Project type: DefaultType

Cost: 1065060

Funding: 375088

Currency: €

Researchers list

| Associated | Unassociated |
|---|---|
| Bernis, Alain Briot, Patrick Burghoffer, Patrick Jallais, Simon Ravel, Serge Sanchez-Moliner, Ivan | Abecassis, Joël Alfos, Carine Antonini, Gérard Arthaud, Laurent Asther, Marcel Aubry, Philippe Aupretre, Fabien Auriol, Daniel Badens, Elisabeth Baldet-Dupy, Philippe |

Organisations list

| Associated | Unassociated |
|--|---|
| AIR LIQUIDE IFP LITEN LOCIE LPTM | 6TMC A3I-CER ACRI ACTA 31 ADAESO ADDIPLAST ADEME ADEME BIORESSOURC ADERHN ADIV |

[Delete](#) [Back to list](#) [Save](#)

Annexe 2.B – Calculs d’indicateurs dynamiques de catégories

Les cartes réseaux produites à partir de notre base de données relationnelle de projets de recherche peuvent s’interpréter à la lecture ou dynamiquement par une projection vidéo, mais nous avons cherché à éviter de multiplier la présentation de cartes dont la lecture, spécifiquement dynamique, n’est pas aisée. Nous proposons donc une méthode d’objectivation facilitant leur interprétation. Pour cela, nous faisons appel aux analyses de sociologie des réseaux, et utilisons certains indicateurs développés par cette communauté, tels la centralité de degré (*degree centrality*) ou la *betweenness centrality*. Ces mesures de centralité n’ont cependant été créées que pour caractériser un nœud au sein d’un réseau, et non l’évolution d’une catégorie comprenant un ensemble parfois épars d’entités au fil des années, ce que nous cherchons à mesurer en forgeant deux nouveaux indicateurs.

Pour transformer les exports de notre base de donnée et calculer ces indicateurs, nous avons donc développé un programme informatique en langage Python, dont voici le code.

```
import csv
import networkx as nx
import matplotlib.pyplot as plt

#Fichiers d’entrees , sorties , et categories a renseigner
liens=[]
noeuds=''
sorties=[]
cat_noeud=[]
cat_lien=[]
couleurs=[]

def load_graphe(path):
    graphe=nx.read_edgelist(path)
    label=nx.get_edge_attributes(graphe,'label')
    start=nx.get_edge_attributes(graphe,'start')
    end=nx.get_edge_attributes(graphe,'end')
    cat_lien=nx.get_edge_attributes(graphe,'research_theme')
    return graphe

def load_org_data(graphe,path):
    org_data={}
    for row in csv.reader(open(path)):
        org_data[row[0]]={}
```

```

    org_data[row[0]]['label'] = row[1]
    org_data[row[0]]['org_monde'] = row[2]
    org_data[row[0]]['org_type'] = row[3]
for i in graphe.node:
    for j in org_data:
        if i==j:
            graphe.node[i]['org_monde']=org_data[i]['org_monde']
            graphe.node[i]['org_type']=org_data[i]['org_type']
return graphe

def centralities (graphe , cat_noeud , de , be ):
(dc , bc , liste )=(0 , 0 , [])
for i in graphe.node:
    if cat_noeud in (graphe.node[i]['org_monde'] , graphe.node[i]['org_type']):
        bc+=be[i]
        dc+=de[i]
return dc , round(bc , 3)

def project_evolution (graphe , cat_lien ):
(pe , liste )=(0 , [])
for i in graphe.edge:
    for j in graphe.edge[i]:
        if graphe.edge[i][j]['research_theme']==cat_lien:
            if graphe.edge[i][j]['label'] not in liste:
                pe+=1
                liste.append(graphe.edge[i][j]['label'])
return pe

def calculs (liens , noeuds ):
(graphe , dc , bc , pe)=({} , {} , {} , {})
for i in liens:
    j=int(i[:-4])
    graphe[j]=load_graphe(i)
    graphe[j]=load_org_data (graphe[j] , noeuds)
    de=nx.degree_centrality (graphe[j])
    be=nx.betweenness_centrality (graphe[j])
    for k in cat_noeud:
        (dc[j , k] , bc[j , k])=centralities (graphe[j] , k , de , be)
    for k in cat_lien:
        pe[j , k]=project_evolution (graphe[j] , k)
return dc , bc , pe

def print_file (path , var , label , param ):
x_0=int(liens[0][:-4])
x_f=int(liens[-1][:-4])
sortie=open(path , 'wb')
wr=csv.writer (sortie)
liste=[label]
for i in range(x_0 , x_f+1):
    liste.append(i)
wr.writerow (liste)
for j in param:
    liste=['']
    for i in range(x_0 , x_f+1):
        liste[0]=j
        liste.append(var[i , j])
    wr.writerow (liste)
sortie.close ()

```

```

def plot_file (var , label , param):
    x_0=int ( liens [0][:-4])
    x_f=int ( liens [-1][:-4])
    for x in range (x_0 , x_f+1):
        (i , k , total)=(0 , 0 , 0)
        for j in param:
            total+=var [x , j]
        for j in param:
            if total !=0:
                y=float ( var [x , j]*100)/ total
            else :
                y=0
        plt . bar (x , y , bottom=i , color=couleurs [k%len (couleurs )] , width=1 , align="center")
        if int (round (y))>=5:
            plt . text (x-0.4 , i+y/2-2 , str (int (round (y)))+ '%')
        i+=y
        k+=1
    plt . ylabel (label)
    plt . xticks (range (x_0 , x_f+1) , rotation=45)
    plt . axis ([x_0-0.5 , x_f+0.5 , 0 , 100])
    plt . legend (param , "right" , bbox_to_anchor=(1.2 , 0.5))
    plt . show ()
    return

(dc , bc , pe)=calculs (liens , noeuds)
#print_file (sorties [0] , dc , 'Centralite de degre ' , cat_noeud)
#print_file (sorties [1] , bc , 'Centralite d\'interposition ' , cat_noeud)
#print_file (sorties [2] , pe , 'Evolution des thematiques ' , cat_lien)
#plot_file (dc , 'distribution de categories d\'organisations participant a un projet ' , cat_noeud)
plot_file (bc , 'distribution de categories d\'organisations participant a un projet ' , cat_noeud)
#plot_file (pe , 'distribution de projets de recherche , par thematique ' , cat_lien)

```

Ce programme permet d'extraire des tables de données exploitables, et produit automatiquement les graphes 2.3 (p. 121), 2.5 et 2.6 (p. 132). Les résultats sont présentés sous la forme d'une juxtaposition de graphes en barre, relatifs à un total annuel. L'évolution des thématiques de recherche est ainsi représentée par la proportion du nombre de projets nouveaux ou en cours relevant de cette thématique sur le nombre total des projets nouveaux ou en cours, année après année.

Cela se complique lorsque ce ne sont pas des caractéristiques, mais des positionnements de catégories de nœuds dont nous souhaitons rendre compte, de manière évolutive. Pour remplacer la centralité de degré, définie par le nombre de liens qui partent ou arrivent sur chaque nœud rapportée au nombre total de liens possibles, nous définissons une centralité de degré de catégories. Comme chaque nœud appartient à une catégorie unique (dans le cas présenté, le secteur principal dans lequel évolue d'une organisation), nous pouvons sommer les centralités de degré de nœuds d'une même catégorie, et les rapportons les unes aux autres pour comparer la capacité relative à établir des relations, de chaque catégorie.

La *betweenness centrality* constitue une autre mesure pertinente pour analyser un graphe social. Une forte centralité signifie une place centrale dans le réseau que l'on peut interpréter comme la capacité à créer un lien entre des univers sinon déconnectés. Nous utilisons l'algorithme intégré de calcul des *betweenness centralities* dans le paquet `networkx` pour Python :

$$bc(n) = \sum_{n \neq a \neq b} \frac{\sigma_{a,b}(n)}{\sigma_{a,b}}$$

où $\sigma_{a,b}(n)$ renvoie au nombre de plus courts chemins entre les nœuds a et b passant par n . Nous calculons sur cette base un nouvel indicateur, correspondant à la centralité d'interposition d'une catégorie de nœuds :

$$\begin{aligned} bc(cat) &= \sum bc(n_{cat}) \\ &= \sum \sum_{n_{cat} \neq a \neq b} \frac{\sigma_{a,b}(n_{cat})}{\sigma_{a,b}} \\ &= \sum_{n_{cat} \neq a \neq b} \frac{\sum \sigma_{a,b}(n_{cat})}{\sigma_{a,b}} \end{aligned}$$

Cet indicateur fait sens dans la mesure où nous sommes, pour chaque sous-graphe correspondant à une année particulière, le nombre de plus courts chemins passant par au moins un des nœuds de la catégorie, et rapportant ce résultat au nombre total de plus courts chemins passant par 3 nœuds du réseau. Cet indicateur prend donc, tout comme la *betweenness*, des valeurs comprises entre 0 et 1.

Chapitre 3

Métamorphoses d'un laboratoire : propriétés épistémiques du domaine

Le 25 octobre 1936, le président du conseil Léon Blum retourne dans sa circonscription de Narbonne, où il est élu député sans discontinuer depuis sept années, pour adresser aux militants locaux un éloge de son gouvernement de Front populaire, en concluant sur la nécessité d'éviter « toute confusion entre conquête et exercice du pouvoir »¹. Il préside, ce jour même, l'inauguration des nouveaux locaux de la station d'œnologie de Narbonne. Cette station de recherche expérimentale, créée le 10 janvier 1895 à l'initiative du ministre de l'Agriculture et cofinancée par le département de l'Aude et la ville de Narbonne (Flanzy 1976) est située en plein Midi rouge, là où les émeutes vigneronnes de 1907 furent particulièrement vives et meurtrières. À l'échelle locale, il fallait donc aussi savoir gouverner cette station avec tact ; une qualité dont le premier directeur de la station, Lucien Sémichon, était heureusement pourvu, comme l'explique Harry Paul (1996) :

Narbonne représentait tout ce qui n'allait pas dans l'industrie du vin : la production en masse de vin de table dans une économie déjà fragilisée par un important surplus de vin médiocre. À l'inverse de Montpellier, Bordeaux et Dijon, Narbonne ne possédait aucune science, ou du moins aucune institution scientifique, et aucun espoir de devenir « une grande cité universitaire ». Mais Narbonne se distingua et se forgea une solide réputation due à un contact viticole et œnologique unique entre la population des viticulteurs et les protagonistes de la science appliquée. Ce succès était l'œuvre de Lucien Sémichon, qui porta pour près d'un demi-siècle la voix de l'œnologie en Languedoc (hors Montpellier), peut-être même dans tout le Midi et au-delà. La plupart des œnologues se flattent de personnifier la voix de la science. Bien que vulnérable à cette maladie professionnelle, Sémichon était fier de son rôle de porte-parole des vignerons. Bien sûr, amener la science au cultivateur ou au producteur doit constituer un des principaux rôles du scientifique au sein d'une station œnologique [...] mais bénéficier en retour du savoir et des problématiques du petit producteur est rare, et peu ont été ceux couronnés d'autant de succès que Sémichon dans cet exercice.

Paul (ibid., p. 262), notre traduction

1. Blum, *Discours devant les militants de sa circonscription*, 25 oct. 1936

Trois quarts de siècle plus tard, en mars 2012, Narbonne fait à nouveau l'objet d'un grand investissement national scientifique, porté par une structure héritée, après maintes mutations, de la station expérimentale d'œnologie : le Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement (LBE), unité de recherche publique de l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA). Le pilote industriel que portait ce laboratoire, intitulé *GreenStars* et lauréat d'un dispositif extrêmement sélectif de financement public fléché par appels à projets², visait à la production de carburants et coproduits à partir de microalgues. Deux cents chercheurs, ingénieurs et techniciens devaient être accueillis sur les étangs voisins de la ville de Gruissan, et quarante-cinq partenaires publics et industriels étaient réunis pour un budget total consolidé de plus de 160 millions d'euros. Ce pilote ne verra finalement pas le jour : l'accord de consortium ne fut jamais signé.

Ces deux moments de l'histoire du Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement permettent de prendre mesure de la longévité, mais aussi de l'ampleur des mutations qu'a connues ce lieu et dispositif de production de connaissances. Ainsi que de sa capacité renouvelée à saisir des enjeux sociaux plus globaux et les travailler scientifiquement. Une énumération des domaines de recherche successifs du laboratoire confirme ces constats : à l'origine station de recherche viticole et œnologique, le LBE a en effet successivement réorienté ses activités de recherche vers la valorisation des coproduits de la vigne et des arbres fruitiers, puis la dépollution des effluents liés et des eaux usées, le traitement des déchets, puis la production d'énergie à partir de ceux-ci, enfin celle de biocarburants à partir de microalgues, ou encore de biohydrogène et biopiles à combustible. Ses attaches institutionnelles et dénominations ont varié en conséquence : station expérimentale d'œnologie de Narbonne, de l'Aude ou de France rattaché à l'Institut des recherches agronomiques – organisme à la vie éphémère au sein duquel Sémi-chon créa un syndicat de chercheurs (Denis 2008) – puis au service de l'Institut National de la Recherche Agronomique lui-même créé après-guerre, le laboratoire public devient le LBEIAA (Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement et des Industries Agro-Alimentaires) après que son existence fut remise en question³ puis maintenue⁴ au début des années 1980. Le LBEIAA est raccourci en LBE la décennie suivante en accord avec la concentration sur des thématiques de recherche environnementales.

2. Le grand emprunt ou investissements d'avenir est un emprunt lancé par l'État français en réponse à la crise de 2008, destiné à financer et structurer de manière pérenne certains domaines de recherches. Divers dispositifs d'appels à projets et de sélection par un jury international y concourent. Parmi eux, les instituts thématiques d'excellence en matière d'énergies décarbonées ou IEED sont une structure de partenariat public-privé : sept lauréats se partagent un milliard d'euros de subventions pour mener à bien leurs recherches dans les domaines, considérés prioritaires, de « l'efficacité énergétique des bâtiments, les outils de maîtrise de l'énergie, les énergies marines, l'énergie solaire, la chimie du végétal et les biotechnologies industrielles à finalité énergétique, les réseaux intelligents de gestion de l'énergie ».

3. Marcel Souquet (1978). *Narbonne : suppression de la station œnologique*. JO Sénat, 6ème législature, question écrite 27189

4. Roland Courteau (1982). *Narbonne : maintien de la station œnologique*. JO Sénat, 7ème législature, question écrite 04173

Comment et dans quels buts ce laboratoire a-t-il opéré ses métamorphoses ? L'objectif de ce chapitre n'est pas de répondre à cette question localisée par une monographie historique, mais, à l'instar de quelques auteurs (Doing 2009 ; Knorr-Cetina 1999 ; Vinck et Zarama 2007), de penser le laboratoire dans sa dimension intrinsèquement dynamique, et analyser à travers une étude ethnographique, les mécanismes par lesquels un laboratoire persévère comme dispositif producteur de connaissances nouvelles au fil du temps. Il s'agit de comprendre sociologiquement les processus à l'œuvre dans la métamorphose d'un laboratoire : les pages qui suivent ambitionnent de mettre au jour et qualifier les liens profonds, réciproques et identificateurs qui existent entre les mutations à l'œuvre au sein, d'une part, du travail de création d'un fait scientifique et des redéfinitions de leur instance de production et, de l'autre, de l'ensemble des savoirs et pratiques identifiés comme le domaine de recherche spécifique d'un collectif.

À l'instar des premières ethnographies de laboratoire (Knorr-Cetina 1981 ; Latour et Woolgar 1979 ; Lynch 1985), notre description de l'activité d'un collectif de recherche, ici celui du LBE, rejoint la quête épistémologique des modes de construction d'un fait scientifique. Lorsque Park Doing (2007) se risque à dresser un bilan rétrospectif et critique des études de laboratoires, il met au jour un impensé central et propice à rouvrir l'espace des recherches :

Pour qu'une étude de labo rende compte d'un fait technique sous forme « constructive » et non « descriptive » sans être ni outrageusement scientifique ni ironique, elle doit expliquer la persistance d'un fait particulier à l'intérieur même du discours et de la pratique de ses praticiens – c'est-à-dire de telle façon qu'elle ne favorise pas la méthode de l'analyste.

Doing (ibid., p. 289), notre traduction

Si les dimensions hiérarchiques, professionnelles, organisationnelles, identitaires, de genre, nationales, etc. du travail de laboratoire ont fait l'objet de descriptions et analyses ethnographiques éclairantes, Doing récuse leur prétention à rendre compte de ce qui fait d'un fait scientifique un fait et il déplore que « le projet, coriace, de rendre compte des persistances héritées de la pratique a été abandonné presque aussitôt les études de laboratoires abordées ». Comprendre comment un énoncé atteint, conserve et transmet son statut de fait scientifique n'est possible, selon lui, que « dans le monde *in situ* de la pratique », c'est-à-dire sans autre cadre d'interprétation que celui des acteurs, au plus proche de leurs actes. Notre contribution à cet objectif prend la forme d'un dispositif particulier de suivi de l'expérience : une ethnographie de l'espace de la discussion collective et interne au laboratoire, des travaux, pratiques et projets de chacun de ses membres.

Nous proposons donc d'abord le compte-rendu d'un moment singulier, où l'assemblée du laboratoire réunie autour du travail d'une doctorante cherche non seulement à vérifier la solidité des résultats obtenus afin d'en dénicher les artéfacts, mais se plie en outre à un exercice de déconstruction portant sur la persistance du processus même de construction d'un fait scientifique. Le sésame de cette approche ? Poser une question en apparence anodine : celle du degré de chance, en fait de hasard expérimental, sur lequel la thésarde a pu compter pour ses dé-

couvertes. En incitant à conduire des expériences ambitieuses et en circonscrivant la place du hasard expérimental dans leur déroulé, le collectif construit un espace commun de recherche : un ensemble de problèmes intéressants et traitables (Fujimura 1987).

Ensuite, à travers les analyses du rôle de directeur de laboratoire, des modes spécifiques de discours et du processus de constitution d'un objet de recherche partagé, nous proposons de nous concentrer sur les tâches d'articulation qu'opère un collectif pour rendre traitables les problèmes auxquels celui-ci est confronté en pratique : articulation à la fois entre les échelles de l'expérience, du laboratoire et d'enjeux sociaux plus larges, mais aussi entre les divers sous collectifs dont il est composé. Nous démontrerons que ce travail est concrètement indissociable de la production épistémique d'un fait et qu'il partage donc son statut scientifique. L'ensemble de ces tâches constitue le processus positif de définition d'un collectif de laboratoire pensé comme un enjeu (Granjou et Peerbaye 2011) : les mener à bien constitue un acte d'engagement fort.

De cette étude ethnographique, nous construisons enfin un modèle théorique pour penser, à travers ses métamorphoses, les relations entre la science telle qu'elle se pratique à l'intérieur d'un laboratoire et l'extérieur du laboratoire, où se bâtissent un domaine, des politiques et stratégies de recherche. La question n'est pas de comprendre sur quoi portent les recherches d'un laboratoire donné, mais de définir quel ensemble de recherches un laboratoire peut porter. Pour demeurer un lieu où les problèmes sont traitables, un dispositif de production de connaissances nouvelles qui ne tarit pas, un laboratoire doit en même temps ne pas cesser de se spécialiser en développant un système expérimental (Rheinberger 1997) qu'il perfectionne à l'envi, et s'inscrire successivement dans différents domaines de recherches ; ce déplacement faisant émerger ponctuellement de nouveaux objets de recherche (Miettinen 1998). Le processus d'engagement d'un laboratoire dans un domaine de recherche émergent est donc à la fois essentiel dans la mécanique de production de faits scientifiques nouveaux, et secondaire dans le contenu et le sens scientifique qu'il porte pour les chercheurs, acteurs mêmes de cet engagement.

3.1 Provoquer et circonscrire le hasard expérimental

Entrons donc dans la salle de réunion du laboratoire, où la discussion des résultats des travaux d'une doctorante est à l'ordre du jour. Par petits groupes, le collectif d'une cinquantaine de personnes : chercheurs, doctorants, postdoctorants, ingénieurs, techniciens, stagiaires et bibliothécaires du laboratoire, emplit l'espace. Leur participation à la semaine de séminaire scientifique interne, rendez-vous annuel de partage des résultats, de discussion sur l'avancement des projets en cours et de réflexion sur les perspectives communes, est un impératif partagé. Progressivement, les discussions abordées lors du repas substantiel pris au relais routier voisin, perpétuées en enjambant l'autoroute et traversant quelques-uns des nombreux ronds-points de la zone industrielle, se muent en messes basses.

Chacun a retrouvé sa place au sein de la longue et étroite pièce, place qui varie peu : la faible puissance du rétroprojecteur, la longueur des câbles et l'emplacement des prises électriques assignent au locuteur une largeur de mur ; à l'opposé, en bout de table, siège le directeur de laboratoire. Il est encadré par ceux qu'il a rencontrés et enrôlés lors de ses nombreux déplacements en conférences : doctorants et postdoctorants étrangers ainsi que les jeunes ingénieurs en CDD. Derrière lui, quelques ingénieurs de recherche, les techniciens de laboratoire, des doctorants se font discrets et, par la porte du fond, quittent périodiquement l'assistance, sommés par leurs expériences en cours de prendre soin d'elles et de garder trace de leur existence. Pour ne revenir écouter que parfois.

Les chercheurs seniors sont disséminés dans la salle, mais rarement assis l'un à côté de l'autre et donc plus facilement identifiables lorsqu'ils prennent la parole. Ils sont majoritairement installés sur la deuxième rangée de chaises, adossés au mur. Comme sociologue observateur, je préfère aussi ne pas me joindre aux premières loges du tour de table : cette mise à distance m'offre un regard panoptique. Peut-être mes voisins partagent-ils ces motifs. Je leur ai été présenté comme un scientifique devant son expérience : « on est sa paillasse en fait ! », traduisent-ils aussitôt. Une grande bienveillance accompagne ma présence, approuvée lors du précédent conseil scientifique, et ce, malgré quelques inquiétudes concernant la confidentialité des travaux : la veille, la mise en évidence ainsi que la lumière rouge de mon enregistreur ont alerté une chercheuse, qui, discrètement, s'est levée pour en informer le directeur. Les quelques mots chuchotés en retour ont dû témoigner de sa confiance.

La répartition dans l'espace n'est pas que hiérarchique. D'autres configurations apparaissent, notamment lorsqu'une des cinq équipes que compte le laboratoire est mobilisée pour présenter ses travaux lors d'une journée ou demi-journée qui lui est consacrée. Ses membres migrent alors, sans doute par convenance, mais aussi pour venir faire corps autour du locuteur, au plus près d'un immatériel parler.

3.1.1 En quête de résistances

Une doctorante en troisième année de thèse présente une synthèse de l'ensemble de son travail effectué au sein du laboratoire, ainsi que quelques résultats. Son objectif est clairement défini : mesurer l'influence du taux de matière sèche de déchets *solides* sur la production d'énergie sous forme de biogaz, par la méthode dite de digestion anaérobie, pour laquelle le Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement est reconnu au niveau mondial. La digestion anaérobie⁵, ou

5. Le terme « anaérobie » signifie que l'action de fermentation biochimique des microorganismes se fait en milieu dépourvu d'oxygène ; les réactions sont spécifiques à cette méthode et suivent l'ordre suivant :

- La matière organique du déchet est décomposée durant l'hydrolyse en un ensemble de molécules simples que l'on nomme le substrat.
- Celui-ci est utilisé par les communautés de microorganismes injectées (ou *inoculum*) pour créer alcools, acides, hydrogène et dioxyde de carbone lors de l'acidogénèse.
- Sous l'action de bactéries présentes de même dans l'*inoculum*, commence l'acétogénèse, ou production à partir des composés précédents d'acétate (CH_3COO^-) et toujours d'hydrogène et de CO_2 .

méthanisation, vise la production d'énergie sous forme gazeuse (le biogaz, constitué principalement de méthane), à partir de déchets à traiter et souvent dépolluer. Dans des enceintes fermées appelées bioréacteurs, qui n'ont été alimentées qu'au départ – on les nomme alors *batches* – notre doctorante a introduit et contrôlé durant 298 jours des mélanges de carton broyé finement, de jus de presse, et différents cocktails de microorganismes. Elle a mesuré quotidiennement les produits des réactions biochimiques et enregistré systématiquement de nombreux paramètres. Au mur, le diaporama s'achève sur quelques graphes synthétiques : on retrouve souvent en ordonnée le volume de méthane produit ; en abscisse figure tantôt le nombre de jours d'expérience, tantôt la siccité (pourcentage de matière sèche des échantillons) ; sur l'espace plan se dessinent courbes logarithmiques et groupes de points.

Le directeur du laboratoire prend alors la parole.

Directeur — Pour être sûr que je comprenne bien... C'est 40 *batches*...

Doctorante — Oui.

Directeur — Que toi tu as fait ?

Doctorante — Oui.

Directeur — Avec du carton ?

Doctorante — Oui.

Directeur — Et avec le même *inoc* [*inoculum*] ?

Plusieurs dont la doctorante — Non ! [rires]

Doctorante — Avec différents *inocs*, justement.

Directeur — Avec le même substrat ?

Doctorante — Avec le même substrat. Mais différents *inocs*, et en fait on a toujours les mêmes qui ressortent quand ça marche pas. Ça quel que soit...

Directeur — De mémoire, tes *batches*, ils durent euh... un an ?

Doctorante — Oui.

Directeur — Et tu as fait 40 *batches* ?

Doctorante — Oui.

Chercheur senior — 40 ans ! [rires]

Chercheur junior — On peut faire plusieurs *batches* en même temps...⁶

Cet échange témoigne de la reconnaissance collective du nombre conséquent et de la très longue durée des expériences que la doctorante a choisi de conduire. Il s'agit, dans un contexte où trois années de thèse sont un délai impératif à respecter, d'une prise de risque considérable à l'aube de son parcours scientifique. Des terrains de Marianne Noël (2012), sur lesquels elle interroge l'attractivité de laboratoires reconnus dans le domaine de la chimie, soulignent l'intérêt, mais aussi la complexité de telles recherches, dites « lentes », et donc plus difficilement valorisables professionnellement :

Ex-directeur scientifique des sciences chimiques au CNRS — On ne trouve quasiment plus de thésards pour la chimie lente, c'est-à-dire la chimie des surfaces, celle où il faut 3-4 mois pour faire une manip, par contre on trouve des thésards à la pelle quand il faut 12 à 13 secondes pour faire une manip. Et avec 25 manips de 13 secondes vous faites une publi, alors qu'il faut 3 ans de manip pour faire une publi avec les autres. [...] Il y a toujours des fuites, il faut des années... des mois... pour pomper et faire une manip propre. Et quand vous avez fait la manip

— Lors de la méthanogénèse enfin, le dernier type de microorganismes, les *Archaea* permettent par diverses voies de produire du méthane.

6. Observation du séminaire scientifique interne et discussions particulières, fév. 2011

propre, vous vous rendez compte que vous vous êtes trompé dans les paramètres et qu'il faut recommencer. Il faut pomper et nettoyer pendant 3 mois, c'est diabolique ! Alors que vous avez le copain de paillasse qui fait les manips à la pelle avec sa chromato tous les jours, et qui fait une publi tous les 3 mois, et vous, vous aurez une publi au bout de 5 ans. Mais pourtant on ne peut pas se dispenser de cette recherche, elle est vraiment importante... mais elle est lente.⁷

Les membres du laboratoire plébiscitent cette prise de risques dans la conception des expériences. Ainsi, le matin même, ils incitaient une jeune chargée de recherche, dont les travaux prenaient pour objet des modèles trop standard à partir de paille, à plus d'audace :

Chercheur senior — Si tu veux les effets, il faut prendre les risques ! Ça coince donc c'est bien là qu'il faut travailler !

Chercheuse junior — Les manips durent cent et quelques jours... C'est pas pour être sûre de les voir planter !

Chercheur senior — Si ! Si tu plantes à vingt jours, c'est bon...⁸

Notre doctorante s'intéresse à un domaine peu balisé où les résistances sont *a priori* nombreuses : le traitement des déchets solides fait l'objet de beaucoup moins de recherches que ceux dits liquides en digestion anaérobie. Dans l'article où elle présente ses résultats⁹, ce choix est justifié par l'accumulation de déchets municipaux solides qui ont plus que doublé par tête en cinquante ans. En s'appuyant sur le savoir-faire du laboratoire dans le domaine du traitement des eaux usées, elle opère (avec ses encadrants) un déplacement vers la voie dite « solide » et décide de concentrer ses efforts sur la mesure de l'influence du taux de matière sèche de différents cartons sur la production de méthane et sur l'action des différentes communautés de microorganismes.

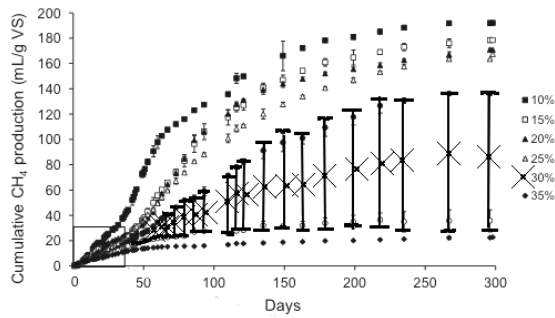
Elle étage les échantillons en faisant varier le pourcentage de matière sèche. Les résultats de la production cumulée de méthane en fonction des échantillons sont représentés au fil des jours par un point moyen et une marge de variation. Le volume de CH_4 produit est globalement satisfaisant pour 10%, 15%, 20%, 25% de matière sèche : il correspond aux données témoin des potentiels méthanogène. À 35%, les réactions bloquent. La doctorante identifie qu'à 30% de matière sèche, la moitié des échantillons a permis la production de méthane, l'autre pas.

Ce résultat est surprenant dans la mesure où des échantillons contenant un taux identique de matière sèche, les autres paramètres étant constants par ailleurs, devraient se comporter, aux marges d'erreur près, de manière similaire. L'encart à effet loupe de la figure 3.1b, permettant un suivi plus fin des 40 premiers jours d'expérience est cohérent avec cette attente. Sur des temps plus longs, en revanche, l'anomalie apparaît. Entre 50 et 300 jours après le début de l'expérience, le graphe 3.1b fait apparaître, pour 30% de matière sèche, une très importante différence dans la production cumulée de méthane, au point que les échantillons sont ici rétroactivement libellés 30%-a et 30%-b. Aberration, puisque ces résultats sont obtenus par la reproduction à l'identique d'une même expérience et auraient dû conduire à ne présenter qu'une seule série de

7. Entretien réalisé par Marianne Noël (2012)

8. *Observation du séminaire scientifique interne et discussions particulières*, fév. 2011

9. Amel Abbassi-Guendouz et al. (2012). « Total Solids Content Drives High Solid Anaerobic Digestion via Mass Transfer Limitation ». In : *Bioresource Technology* 111, p. 55–61



(a) ARTEFACT. Données recueillies (graphe modifié par nos soins)

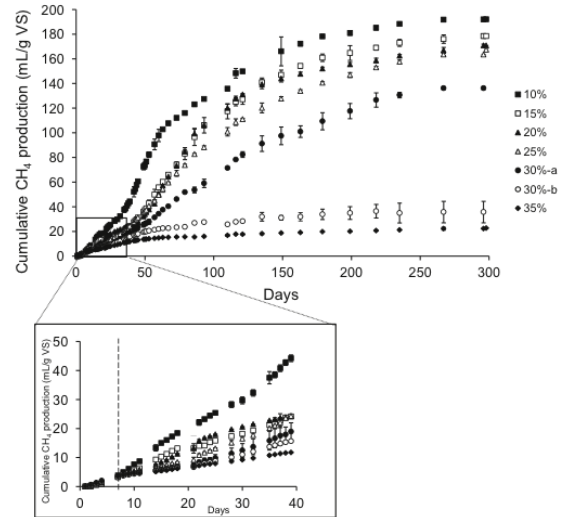


Fig. 1. Cumulated methane production from cardboard according to the TS content. The insert corresponds to the first 40 days of the experiment.

(b) FAIT. Graphe publié

FIGURE 3.1 – Identification d’une résistance dans la divergence de production cumulée de méthane à 30% de matière sèche (-a et-b) (Abbassi-Guendouz et al. 2012)

points à équidistance, avec une marge de variation si grande qu’elle pose question, ce que nous avons représenté par la figure 3.1a. Le graphe publié contient donc déjà son interprétation : le choix singulier de représenter deux ensembles de points distincts signale que cet écart ne résulte pas de problèmes de manipulations ou de réactions non contrôlées, soit un artefact, mais que cette différence devient un fait, l’énigme à résoudre, comme le suggère la légende dans le corps de texte : « chaque courbe représente la moyenne de quatre réplicats, hormis pour le taux $TS = 30\%$ où deux comportements distincts ont été observés. »¹⁰.

3.1.2 La traque du hasard

Le collectif marque un temps d’arrêt et interroge les conditions d’émergence de cette résistance. C’est à nouveau le directeur du laboratoire qui amorce la discussion ; le long extrait qui suit met en évidence le travail de déconstruction opéré grâce à l’identification et la circonscription du rôle joué par le hasard expérimental dans la découverte des résultats présentés :

Directeur — J’aimerais... parce que je trouve ça très beau... j’aimerais comprendre le raisonnement.

Doctorante — Quel raisonnement ? [rires]

Directeur — Je voulais te demander si tu t’attendais à ça depuis le départ ?

Doctorante — Non, enfin si... depuis le départ si... mais on ne s’attendait pas à voir ça en fait, vraiment. Enfin si, le but c’est justement au départ de voir ce que ça peut donner. On ne s’attendait pas à voir ça... mais si, au départ on cherchait ça. [rires, discussions diffuses, parmi lesquelles fuse un : — Tu regrettes ta question, hein ?].

Directeur — Il y en a une quinzaine qui n’ont pas marché de *batches*...

Doctorante — Ah, mais j’étais désespérée au départ.

Concevoir un dispositif expérimental producteur de hasard

est risqué, déstabilisant.

10. Abbassi-Guendouz et al. 2012, notre traduction.

Directeur — Donc là – enfin moi ce que je veux comprendre, je répète : je trouve ça très beau et c'est quelque part le saint Graal pour beaucoup de gens –, mais suite aux quinze *batches* là, tu devais être désespérée.

Doctorante — Ouais !

Directeur — Tu avais commencé par quoi ? Par le jus de presse et puis tu es allée voir ailleurs. . .

Doctorante — En fait j'ai fait jus de presse – enfin au départ, après cent jours, j'avais lancé une deuxième manip pour voir des effets de l'*inoculum* ; donc rien à voir au départ. . . C'était pour voir l'effet de l'*inoculum* et si un *inoculum* était plus adapté qu'un autre. Avant substrat. Pour voir si ça va plus vite : la cinétique et tout ça et les microorganismes qui en sortent. Et finalement il y en a qui ont bloqué et tant mieux. Finalement. On les avait quand même testés pour voir ce que ça donnait. On a eu ça.

La « réussite » des expériences est dure à définir.

Directeur — C'est une très belle valorisation de manips qui n'ont pas marché !

Doctorante — C'est clair.

Directeur — Non mais. . . même là c'est beau. Et tu peux faire deux nuages de points, sans faire l'ACP [Analyse en Composantes Principales], c'est super.

Elle constitue donc un enjeu social et professionnel.

Encadrant — Au début, on voulait utiliser la teneur en eau. . . enfin la siccité : on savait que ça avait quand même une influence sur la dégradation. . . C'est sûr qu'on ne s'attendait pas à voir les. . .

Doctorante — . . . les trois. . .

Encadrant — . . . les trois groupes là. . .

Directeur — Eh oui, non, mais c'est beau !

Encadrant — Elle a énormément de chances en fait. [rires]

Le rôle joué par la chance semble ici primordial.

Doctorante — Vous voulez me porter la poisse. . .

Chercheur senior — Et puis là où elle a eu beaucoup de chance aussi c'est de tomber sur le 30% avec deux qui marchent, deux qui marchent pas. . . [. . .]

Directeur — Je reviens, parce que j'ai une question, enfin je me permets de revenir sur ce qu'a dit Éric. . . Pour moi, il n'y a pas beaucoup de chance. Là-dedans, il y a de la réflexion et il y a de l'espoir, et l'espoir peut changer plein de choses. Ce que dit Éric c'est que ça vient aussi de Valorga qui trouvait que quand ça marchait pas, c'était souvent le carton qui n'était pas biodégradable. Et donc il y a eu. . . enfin, d'où le choix des cartons, d'où tout ça. . . c'est cohérent. Et la seule chance que t'as eue, comme disait l'autre Éric, c'est que c'est pas trois et un qui merde à 30%.

Mais ce hasard est lié à des nécessités d'un autre ordre,

Doctorante — Oui.

Directeur — Si tu avais trois et un, tu aurais peut-être jeté le un.

Doctorante — Oui, c'est vrai. . . c'est ce que. . . oui voilà.

Directeur — Et là tu as eu de la chance. C'est la seule chance que tu as eue. Après sinon c'est cohérent et c'est bien hein. . . [. . .]

qu'il convient d'identifier

Directeur — Si jamais il y en a qui ont des problèmes de réacteurs qui plantent, qu'ils viennent te voir ! [rires].¹¹

pour mieux les reproduire.

Où l'on parle de chance

Le collectif s'interroge sur la chance dont a bénéficié la doctorante dans le déroulé de ses expériences. Lors d'un retour au laboratoire pour discuter de la monographie produite¹², nous apprendrons que ce rôle primordial de la chance a été souligné à deux reprises : lors d'une restitution des résultats devant le responsable scientifique référent à l'Agence Nationale de la Recherche, qui finançait le projet ; ainsi que par plusieurs membres de son jury de thèse, ce sujet ayant constitué un moment important d'échanges au cours de la soutenance.

S'agit-il de chance ? Dans l'extrait reproduit ci-dessus, les usages du terme de chance renvoient à l'appréhension de phénomènes différents. Nous proposons de les singulariser grâce à

11. *Observation du séminaire scientifique interne et discussions particulières*, fév. 2011

12. *Discussion collective de la monographie produite sur le LBE*, 17 avr. 2012

la typologie développée par Ernest Nagel (1961, p. 325-31) des notions de « *chance* (hasard) *and indeterminism* » :

- « *Quand quelque chose d'inattendu survient, plutôt que comme la conséquence d'un plan délibéré.* »

Ce premier sens dans la typologie de Nagel est aussi celui qui qualifie la totalité du processus expérimental de la doctorante et le premier à apparaître dans la conversation, lorsque le directeur cherche à « comprendre [son] raisonnement » et savoir si elle « [s]’attendai[t] à ça ». La réponse hésitante de la doctorante est bien peu assurée, mais la contradiction qu’elle met au jour « On ne s’attendait pas à voir ça... mais si, au départ on cherchait ça » nous semble faire montre de plus de sens. Le modèle implicite d’adéquation entre les objectifs scientifiques et le *design* des expériences esquissé, et partagé par le collectif de laboratoire, est proche de celui décrit par Pickering (1993, 1995). L’« essoreuse de la pratique » (*the mangle of practice*), sert à Pickering de métaphore pour rendre compte de l’aléa comme source d’invention au sein d’un système expérimental qui réunit en un même ensemble l’humain et le non-humain, en tirant son énergie d’un mouvement dialectique où alternent moments de résistances et accommodations. Il propose notamment de penser l’intentionnalité, seule entorse qu’il s’autorise au respect de la symétrie humain / non-humain, de façon diachronique : « la traduction d’objectifs scientifiques dans la pratique doit être appréhendée en termes d’accommodations, contingentes, à une résistance émergeant ponctuellement » (Pickering 1993, p. 580). Cette approche unit dans un même processus les évolutions au cœur des agencements matériels et humains, aucun ne trouvant en son sein les forces et dynamiques suffisantes à sa propre mutation : pour que les projets de la chercheuse, de la doctorante ou de tout autre membre du collectif aboutissent, ils doivent passer par l’essoreuse de la pratique, et donc se mettre en situation de rencontrer des résistances.

- « *Quand les conditions (déterminantes d'un événement) sont inconnues, ou connues comme appartenant à une classe d'un autre registre, mais non reconnues comme appartenant à un registre particulier à l'intérieur de cette classe.* »

Ce deuxième sens du terme « hasard » renvoie à la question de la démarcation entre science et non-science d’un certain nombre de savoirs au laboratoire. Nous y reviendrons en 3.2. Le directeur du laboratoire, vers la fin de l’extrait, est soucieux de circonscrire la part attribuée à la chance dans le processus expérimental conduit par la doctorante. Pour lui, certains facteurs ne sont pas pris en compte dans une conception « veinarde » du travail de la thésarde et il juge utile de les rapatrier pour comprendre tout ce que l’expérience collective du laboratoire a apporté dans ce cas précis. Il met en avant des collaborations industrielles pérennes avec l’entreprise Valorga, pour justifier les connaissances sur le comportement de la matière première (ici le carton utilisé comme substrat) au sein de l’expérience. Les savoirs de ce type, rarement mobilisés explicitement dans un article publié, sont essentiels pour comprendre et affirmer un fait scientifique.

— « *L'intersection de deux séries causales indépendantes* » ou « *le hasard dans un sens absolu, plutôt que relationnel* » Nous regroupons dans cette dernière catégorie deux conceptions du hasard qui renvoient à la même notion de chance, c'est-à-dire la part de hasard irréductible à toute action ou compréhension humaine. Tout l'enjeu de l'exercice collectif auquel se prête l'assemblée du LBE est de circonscrire à la portion congrue ce hasard-là que l'on nomme chance, pour comprendre l'émergence d'un fait au sein du laboratoire, et reproduire cette dynamique féconde.

La typologie d'Ernest Nagel ne nous permet pas d'aller plus loin dans la compréhension de l'extrait proposé en page 154, et donc comprendre les conditions qui firent émerger des expériences de la thésarde, un fait. Dans cet objectif, revenons au cœur de la discussion, qui pose la question des données nécessaires à la production du graphe publiable 3.1b.

Ce que répliquer veut dire

Plusieurs moments d'échange portent sur la part irréductible de chance nécessaire pour découvrir différents comportements microorganiques à 30% de matière sèche. Le fait que la moitié des réacteurs aient « planté » et pas les autres est en effet un constat essentiel pour la suite. Pour chaque taux, la thésarde a préparé quatre échantillons. Dans la pratique usuelle, deux ou trois réplicats seulement suffisent pour effectuer un calcul d'incertitude et assigner à chaque point du graphe une marge de variation. Pourquoi en avoir fait quatre ? Le conseil, nous informe la doctorante, avait été donné par un scientifique extérieur au laboratoire, membre de son comité de suivi de thèse, pour des raisons statistiques, avait-il dit.

La figure 3.1a permet de comprendre l'importance de ce conseil avisé. Les points correspondant à la production cumulée de méthane un jour donné de l'expérience, pour les séries d'échantillons comprenant 10, 15, 20, 25 ou encore 35 % de matière sèche ont une faible marge de variation : reproduire quatre fois chaque expérience entraîne donc une perte de temps et une mobilisation de matériel superflues, et l'on comprend pourquoi la pratique usuelle de deux ou trois réplicats seulement pour prouver le sérieux des résultats prédomine. Mais lorsque l'on tente le hasard, des précautions statistiques s'imposent, et elles furent ici salvatrices : les quatre échantillons à 30% de siccité divergent grandement. Deux produisirent du méthane en quantité conséquente, presque similaire donc aux séries à faible siccité, alors que deux autres se rapprochèrent, par leur faible taux de CH_4 cumulé, du comportement des échantillons à 35% de matière sèche.

Si la doctorante avait décidé de ne produire que trois réplicats pour chaque série, elle aurait obtenu deux échantillons producteurs de méthane et un autre inhibé, ou inversement : un échantillon producteur et deux autres inhibés. Aucune conclusion statistique n'aurait pu être tirée : c'est parce que la thésarde en a fait systématiquement quatre – et ce genre de décision n'est pas à prendre à la légère quand une expérience dure un an – que le résultat deux/deux est possible. Dans le cas d'un seul résultat divergent sur trois, conditionnée par sa familiarité procédurale qui

l'incite à assimiler un résultat trop singulier à un artefact négatif, pour reprendre les termes de Lynch (1985), elle se serait débarrassée du réacteur qui pose problème et aurait omis, pour sa recherche et pour sa thèse, les données correspondantes. La discussion collective montre que ce geste aurait été partagé par tous les membres du laboratoire. Le hasard expérimental qui a permis de distinguer divers comportements microorganiques au taux de 30% est donc conditionné socialement. Pour que ce résultat important advienne, le conseil statistique du membre du comité de thèse externe au laboratoire était essentiel. La participation de ce chercheur aux définitions des conditions d'expérience de la thésarde, elle, n'est pas fruit du hasard et résulte de l'insertion du collectif de laboratoire, de longue date, dans des réseaux de recherche idoines.

Une part irréductible de chance absolue existe cependant et un chercheur et le directeur le soulignent : « Si tu avais trois et un, tu aurais peut-être jeté le un ». Ce raisonnement est, certes *a contrario*, de même nature que le précédent : il met en exergue le poids des pratiques usuelles face à un artefact négatif. C'est dans la mesure où elle n'a pas été aux prises avec cette situation précise qu'elle peut remercier le hasard, mais pas plus. Après avoir identifié les conditions d'émergence d'une résistance dans le déroulé de l'expérience, notamment le rôle essentiel d'un savoir statistique dans le *design* de l'expérience, l'énigme à résoudre reste entière : comment expliquer la variation des échantillons 30%-a et 30%-b ?

Revenons sur la notion de répliquat d'une expérience. *A priori*, il s'agit de prouver que les résultats de l'expérience résistent à la réplification. Mais ce sur quoi le directeur met le doigt, c'est une « très belle valorisation de manip's qui n'ont pas marché » : ce n'est donc plus la reproduction à l'identique d'une expérience qu'il valorise, mais son échec, qui suggère l'implication d'un nouveau facteur, en théorie non prévue par la littérature. Harry H. M. Collins (1975), il y a déjà longtemps, a formulé ce paradoxe sous le nom de régression expérimentale : un chercheur qui conduit une expérience singulièrement nouvelle ne peut évaluer ni la validité du protocole expérimental qu'il suit, ni celle du résultat des expériences, et il ne peut donc se reposer ni sur le premier, ni sur le deuxième pour prouver la véracité de l'autre. Seul le consensus social, à l'échelle d'une communauté, permet d'affirmer l'existence d'un fait scientifique. Ce que nous avons montré ici, c'est que ce processus est pertinent aussi à l'échelle, plus locale, de l'expérience et du collectif de recherche au laboratoire. Pour Collins, la reproduction d'une expérience à l'identique est impossible, et n'a au demeurant aucun intérêt. Les non-dits des publications, les savoirs tacites de manipulation empêchent toute réplification sans déplacement d'un expérimentateur primaire, comme il l'illustre dans le cas des lasers TEA (H. M. Collins 1992). Manque d'intérêt pour les expérimentateurs, car la reproduction des expériences aboutirait seulement à saluer la qualité des résultats des autres. Systématiquement donc, les expérimentateurs choisissent de faire varier leurs paramètres dans l'espoir d'ouvrir, à leur tour, de nouvelles perspectives. Dans une certaine mesure, ces principes restent vrais à l'échelle des répliquats au sein d'une expérience donnée, dans un même lieu et sous les mêmes mains. Quand autant de fioles sont mobilisées pour des temps longs, les risques d'altération, mais aussi la

tentation de tester autre chose en cours de route, sont grands. Quelles fioles sont dédiées à la réplication, lesquelles – volontairement ou non – témoignent de l’anodine variation d’un ou plusieurs facteur(s) : ici le volume, le mélange, etc. ?

L’énigme change alors de nature : comment identifier le facteur dont la variation – non contrôlée – produit une différence aussi nette entre les deux séries à 30% ?

Bricoler la résolution de l’énigme

Doctorante — Au départ on avait lancé la première manip que je vous ai expliquée dans les petites fioles à BMP-là, les 600mL [prononcé M-L], après pour les *inocs* on est passé dans des grandes fioles de 2 litres. Par contre, on a mis plus de quantité et on a mis à mélanger. Mais ceux qui étaient mis à mélanger ça ne mélangeait pas vraiment, ça collait sur les parois. Et ceux qui n’étaient pas mélangés ils n’avaient jamais démarré et on n’avait jamais compris pourquoi ça ne démarrait pas. Jusqu’au jour où Doris... On avait donné les résultats de la première manip à Doris pour la modélisation et on pensait que c’étaient les AGV [acides gras volatils] qui bloquaient. Et du coup Doris, elle a essayé avec les AGV ça bloquait jamais, elle a essayé avec le *pH* ça ne bloquait pas non plus, et – je ne sais pas pourquoi, Doris vous le dira [rires] – elle a testé différents k_{La} .

Directeur — D’où l’intérêt de faire de modèles ! Avec Doris.¹³

Qui est cette *dea ex machina*, Doris ? Une postdoctorante allemande, ayant déjà effectué deux postdocs aux États-Unis à l’University d’Illinois Urbana-Champaign, lieu reconnu de recherches sur les bioénergies. Comment faire venir à Narbonne, dans un département, l’Aude, qui ne compte aucune université, quelqu’un qui a suivi ce type de parcours ? Le directeur de laboratoire a rencontré à deux reprises le couple – son conjoint a suivi un parcours extrêmement similaire même si leurs spécialités diffèrent – lors de conférences internationales et a proposé un postdoctorat aux deux, condition *sine qua non* de leur venue. Entre-temps, son mari a été recruté comme chargé de recherches. La capacité d’un laboratoire à créer des postes, mais aussi à prendre en compte des exigences personnelles, même au niveau postdoc, ne doit pas être sous-estimée.

Après d’infructueuses imputations donc, un facteur nommé k_{La} – un coefficient échange / surface – a été identifié par Doris comme cause des comportements du bioréacteur à 30% de matière sèche et devient objet des futures investigations. Doris est spécialisée dans la modélisation de bioréacteurs ; d’où vient ce coefficient échange/surface, le k_{La} ? Il s’agit d’un des nombreux paramètres que compte le modèle architectonique ADM1¹⁴, qui propose une conceptualisation de l’ensemble des processus biochimiques et physicochimiques à l’œuvre au sein d’un digesteur anaérobie. Des chercheurs du labo ont participé au groupe de travail de l’*International Water Association* et le premier auteur, Damien Batstone, a passé l’année précédente en résidence au laboratoire. La systématisation de collaborations entre équipes (ici l’équipe « biodisponibilité, biodégradabilité et cotraitements » – Bio2Co – et celle intitulée « ingénierie et écoévaluation des

13. *Observation du séminaire scientifique interne et discussions particulières*, fév. 2011

14. *Anaerobic Digestion Model N°1* (International Water Association 2002), une version simplifiée a été publiée dans *Water Science and Technology* (Batstone et al. 2002).

filières de méthanisation » – InFiMe – qui contient la partie modélisation), a permis de mettre au jour l'influence d'un paramètre un peu négligé : « k_{La} , le retour » sera le titre d'une session du groupe de méthanisation le lendemain. Le réflexe d'attribution à des critères classiques : pH , AGV, a été dépassé et un autre facteur désigné. Pourquoi ? Notre doctorante, qui elle-même pose la question : « je ne sais pas pourquoi, Doris vous le dira [rires] – elle a testé différents k_{La} », n'obtient pas de réponse directe, mais trois jours plus tard, lors des présentations des modélisateurs, elle en saura plus sur leur travail sur les fameux 30% de matière sèche :

Chercheur senior — On plonge à [pH] 4. Et là à 4 la méthanisation elle s'arrête. Sauf que du point de vue expérimental, il n'a pas été mesuré 4, il a été mesuré 6. Là on est typiquement dans le cas où le modèle ne colle pas à la réalité, mais il a mis le doigt sur quelque chose : sur le k_{La} , sur l'effet très sensible, une hypersensibilité au k_{La} .

Postdoctorant — Ça peut aussi être que les mesures ne représentent pas la réalité. Parce que peut-être le pH dans les capillaires de ce carton avec l'eau [inaudible]. . .

Chercheur senior — Oui, ça peut. . . Ce modèle-là il est quand même fait déjà pour des milieux liquides. Il est pas fait pour des milieux qui ne bougent pas. Après on peut donner plein d'autres explications, on peut dire qu'il y a des gradients. [. . .] Or le gradient il est uniquement pour les gaz, il est pas pour les constituants, dans le modèle ADM1. Il est pas fait pour. . . Il n'y a pas un gradient d'AGV. Alors du coup, probablement que dans la réalité il y a un gradient de pH dans la matière, dans les cartons quoi, puisque c'est macroscopique. . .

Postdoctorante — Oui mais là pour la simulation. . . la sélection du pH tu peux prendre seulement tel ou tel chiffre parce qu'on n'a aucune information sur les concentrations en ferments acides organiques. . . On n'a rien eu. . . Alors, on ne peut pas caler le pH .

Chercheur senior — Ouais ! La seule chose. . . ce que je voulais dire c'est que la seule chose que montre ce modèle-là, c'est qu'il met le doigt sur le k_{La} , même si c'est avec un modèle faux. . . Parce qu'on ne peut pas – comme tu dis – on ne peut pas caler le pH , il est faux, ça ne correspond pas à la réalité. Mais ça permet de donner une idée aux expérimentateurs – parce qu'après ils sont partis : « Ouais, super, ça donne du k_{La} , on imagine des expériences ! » pour vérifier que c'est bien là que le bât blesse. Donc ça, ça veut dire que si on veut publier ça intégralement c'est pas forcément si simple puisqu'on peut nous reprocher, rapidement dire que notre modèle il ne correspond pas à la réalité. *Mais ce qui est intéressant c'est la démarche, c'est-à-dire le fait d'avoir fait ces simulations-là et avoir abouti à ça, ça a donné des idées aux expérimentateurs. On aurait pu les avoir autrement, pas forcément avec ce modèle-là. On aurait pu les avoir en observant ou avec de l'expertise, etc.*¹⁵

Comme le souligne Edwards (1999) avec son concept de *data-laden models*, les modèles visent à ajuster des variables et leur paramétrage aux données empiriques. Les réajustements continus du modèle (*tuning*) en modifiant certains coefficients pour équilibrer l'action réciproque des paramètres et produire un meilleur résultat d'ensemble, participent à ce mouvement. Réciproquement, les modèles, une fois établis, sélectionnent leurs données, ce qu'Edwards appelle *model-filtered data*. C'est le cas ici lorsque le pH mesuré est le pH macroscopique, mais ne correspondrait pas « à la réalité » de ce qui existe au plus près des fibres de carton, comme le souligne le postdoc. Les mesures effectuées correspondent aux requêtes d'alimentation du modèle. Ici le modèle est qualifié comme « faux », c'est-à-dire que les mesures qu'il propose ne correspondent pas à la réalité à observer, notamment parce ce qu'on se trouve en milieu solide et non liquide. Cependant ce « modèle faux » est très utile aux expérimentateurs, « cela leur donne des idées ». C'est bien ce que notait Edwards, et qui le conduisait à réfuter la dichotomie

15. Observation du séminaire scientifique interne et discussions particulières, fév. 2011

modèle/données comme épistémiquement stérile :

La pureté des modèles ou des données (entendue comme le maintien d'une distinction de statut) n'est pas un enjeu intéressant. La question est plutôt celle de savoir dans quelle mesure les scientifiques réussissent à contrôler la présence d'éléments artéfactuels à la fois dans la théorie *et* l'observation.

Edwards (ibid., p. 454), notre traduction

Ce cas contribue donc, parmi de nombreuses autres études sur les sciences et les techniques (Knorr-Cetina 1979, la première), à donner ses lettres de noblesse au bricolage (*tinkering*) en tant que logique d'enquête scientifique et modèle conceptuel de production de faits.

3.1.3 L'ensemble des problèmes traitables

Au fil de deux années d'expérimentations, les agencements matériels et humains se sont reconfigurés. L'avenir de notre doctorante, lié à celui des réactions au sein de ses *batches* et leur interprétation, n'est plus « désespérant ». Le choix de se confronter à un domaine où les expériences sont lentes, risquées et imprévisibles – puisque les connaissances en digestion anaérobie sur la voie dite solide par rapport à la voie liquide sont encore peu nombreuses – a payé. La construction d'un dispositif expérimental où pouvait survenir une résistance – le comportement étrange de l'échantillon à 30% – et les accommodations consécutives qu'elle opéra constituent son fait d'armes dans le laboratoire. Comme elle le formule elle-même : « Et finalement il y en a qui ont bloqué et tant mieux. Finalement. ». Une des caractéristiques essentielles du *mangle of practice* réside en effet dans son imprévisibilité. Andrew Pickering esquisse brièvement tout ce que sa dialectique doit au hasard expérimental, à travers le cas des travaux de Glaser sur la chambre à bulles :

Il ne peut y avoir d'explication en temps réel de la configuration particulière de résistances que Glaser rencontra dans ces tentatives de dépasser la chambre à brouillard : dans sa pratique, ces résistances apparurent comme par *hasard* – elles ne firent *qu'advenir*. Il advint que lorsque Glaser configura son instrumentation de telle manière (ou telle autre, ou encore telle autre), il ne produisit pas de traces, mais quand il le configura de cette manière, si. Voilà le sens fort de l'émergence ponctuelle qui est implicite dans le concept d'essoreuse.

Pickering (1993, p. 576), notre traduction

En retour, la production de faits nouveaux, originaux, transforme le laboratoire. L'identification, grâce à la résistance initiale de l'échantillon à 30% de siccité, du rôle surprenant du facteur coefficient/surface nommé k_{La} dans la transformation d'une matière première en énergie, inscrit un peu plus le collectif de recherche dans le monde des bioénergies, plus spécifiquement de la conversion énergétique de déchets municipaux solides, qui correspond à une attente sociale explicite. Le déplacement, opéré par la doctorante et ses encadrants, d'un système expérimental développé pour un milieu liquide, appliqué à un milieu solide, agit aussi à l'échelle du laboratoire.

Le cas de cette analyse collective de la « chance » de notre doctorante et du refus d'y voir un simple effet de la fortune montrent que chercher à circonscrire le hasard expérimental n'est pas un exercice vain. Méthode propre aux chercheurs eux-mêmes, elle apporte un début de réponse au déchiffrement de la persistance d'un fait scientifique qu'appelle Doing. En effet nos acteurs ne se contentent pas de tester la robustesse d'un fait, ils interrogent le processus même de sa production. Cette analyse est essentielle dans la vie collective d'un laboratoire, à l'égard notamment des jeunes chercheurs peut-être hésitants à s'enrôler dans des expériences risquées, ou peu enclins à persévérer face à un obstacle : le laboratoire comme dispositif d'équipements, de concepts, de modes de raisonnement, du partage de la réflexion, de réseaux, et le cas de notre thésarde en est une preuve, rend leur(s) problème(s) traitable(s). La boutade finale du directeur, « Si jamais il y en a qui ont des problèmes de réacteurs qui plantent, qu'ils viennent te voir ! » va en ce sens, et tous sont concernés. Le laboratoire dément ainsi dans ses œuvres les illusions wébériennes (Weber 1922) selon lesquelles les hommes de science possèderaient le privilège de connaissance véritable des objets qu'ils manipulent. Le processus qui fait approcher la connaissance est un construit. Circonscrire le hasard expérimental, c'est tenter de décrypter ce processus, plonger dans la pratique du travail scientifique pour pouvoir affirmer que dans ce labo-ci, et dans le contexte actuel, les problèmes auxquels on confronte ou sont confrontés chercheurs jeunes et plus expérimentés (au sens strict !) sont traitables. Nous proposons donc, dans une définition *a minima*, de penser le laboratoire comme l'ensemble des problèmes traitables en son sein. Partant d'une définition fruste du lieu de travail selon E. C. Hughes (1971) : « where [diverse] people meet », Joan Fujimura (1987), s'intéresse aux processus d'engagements professionnels scientifiques et à leurs changements : la résolution de problèmes, la construction d'une carrière et la construction d'une ligne de recherche (Fujimura 1988). Pour tenir ces trois objectifs primordiaux, il faut construire des problèmes intéressants et traitables.

Un problème est « traitable » quand les scientifiques peuvent aligner les tâches des trois niveaux d'organisation du travail : l'expérience, le laboratoire, et le monde social.

Fujimura (1987, p. 258), notre traduction

L'exemple que nous avons développé constate *a posteriori* un tel alignement. Pour rendre compte d'une conception du laboratoire dont l'objectif primordial est l'articulation de ces trois niveaux, nous quittons à présent l'échelle de l'expérimentation pour analyser les interrelations que le labo entretient avec son domaine de recherche. Il nous faut débusquer les occasions concrètes où, en son sein, des enjeux plus globaux sont pensés et matérialisés, dans la pratique même des chercheurs.

3.2 Articuler un collectif de recherche

Nul auteur ne s'est autant attelé à penser les liens entre pratique quotidienne de la science au laboratoire et ensembles de savoirs régulés que Karin Knorr-Cetina. L'étude de ces liens

constitue, selon elle, le sel de la réorientation entreprise par les sociologues des sciences dans les années 1980, qui mieux que les nombreux écrits méthodologiques et historiques portant sur la notion d'expérience, permet de comprendre l'objet scientifique dans ses dimensions intrinsèques symboliques et politiques :

Ce que les études de laboratoire suggèrent, c'est que le laboratoire est un moyen de changer le monde-vécu-par-ses-acteurs de façon à permettre aux scientifiques de tirer profit de leurs contraintes humaines et restrictions socioculturelles.

Knorr-Cetina (1992, p. 116), notre traduction

Pour elle, les modes spécifiques de travail et de vie du collectif reflètent des ensembles de savoirs, pratiques expérimentales et dispositifs de preuves partagés plus globalement : c'est-à-dire des cultures épistémiques (Knorr-Cetina 1999).

Alors qu'elle associe la diversité de cultures épistémiques à des sciences distinctes, on peut, à la suite de Doing (2009), en prendre une vision plus relative et moins statique. Doing montre par exemple que le rapport sensoriel au corps dans l'expérience n'est pas exclu par la physique contrairement à ce qu'affirme Knorr-Cetina (1999), tandis que l'exemple que nous avons extensivement traité ci-dessus montre que le « souci de soi », restreint à la science physique par Knorr-Cetina (1996), peut également exister dans le champ de la biologie, plus spécifiquement ici de la biochimie. Le souci de soi, un mode de conceptualisation scientifique qui ne se soucie pas tant des objets, ne progresse pas tant par « tâtonnements », qu'il interroge l'autocompréhension, l'autoobservation et l'autodescription de sa pratique de chercheur, décrit fidèlement la discussion collective du travail de la doctorante et la circonscription du rôle du hasard expérimental dans celui-ci. Contre une vision surplombante des cultures épistémiques qui s'imposeraient localement, nous proposons de penser l'échelle du laboratoire en tant que système articulé de savoirs, pratiques et dispositifs qui s'inscrivent dans l'organisation comme ressources et contraintes, et en forment une identité collective porteuse de sens. Notre objectif dans cette section est donc de décrire, à cette échelle, les processus d'articulation à l'œuvre pour permettre au laboratoire de s'adapter aux évolutions externes, tout en maintenant une cohérence.

3.2.1 Diriger un laboratoire, un métier scientifique

Cette interprétation dynamique du laboratoire est de fait compatible avec l'analyse organisationnelle de Knorr-Cetina, et plus spécifiquement celle du rôle de son directeur. Dans le dernier chapitre d'*Epistemic Cultures* où elle analyse la progression professionnelle et hiérarchique des chercheurs au sein de laboratoires de biologie moléculaire, l'auteur distingue en effet la figure du directeur de laboratoire de celle des autres chercheurs. Cette dichotomie est essentielle selon elle à la structure même du labo, puisqu'elle sous-tend une organisation qualifiée de duale. À un regard fragmenté sur le laboratoire – à la fois en projets et par paliers d'évolution professionnelle – qui est celui des scientifiques, s'opposerait en l'esprit du directeur l'image d'un laboratoire comme répertoire d'expertises, permettant entre autres de justifier une compétition

honnie des collectifs. Ayant atteint son objectif de « posséder son propre labo », le leader doit remplir un double rôle : il représente d'abord « un nom, un lieu, un ensemble de sujets » et doit se faire reconnaître comme tel ; il est ensuite celui qui apporte au laboratoire l'information fraîche, pêchée dans « diverses réunions » – celle enfin publiée étant périmée – nécessaire à la planification. Lorsque le directeur du LBE confie que le fait de bien parler anglais et celui d'être « expansif en confs [conférences] » participèrent aux raisons de sa nomination, il adhère implicitement à cette analyse.

Karin Knorr-Cetina définit ainsi le changement de perspective que requiert le fait de devenir directeur de laboratoire :

La facette la plus importante du changement qui s'opère en devenant directeur de laboratoire, est que cela implique d'abandonner sa relation aux objets et de la remplacer par une orientation vers la société, plus précisément vers les éléments du champ social pertinents pour les laboratoires. Le directeur de laboratoire novice joue dans une autre cour, celle du champ scientifique et de sa structure territoriale.

Knorr-Cetina (1999, p. 221), notre traduction

Ce texte, ainsi que des travaux plus récents (Daccache 2011, par exemple), véhiculent une distinction forte entre le travail d'articulation avec l'extérieur – attribué au directeur – et celui de production scientifique au sein d'un laboratoire. Pour Anselm Strauss et al. (1985a), qui analysent la division du travail et la reconfiguration des assignations en milieu hospitalier, ces frontières ne sont pas pertinentes dans la durée. Les « procédures opérationnelles standard » – les tâches respectivement attribuées aux médecins et infirmières – varient souvent : c'est la malade qui conduit la désarticulation et réarticulation des « *patterns* » réguliers de travail autour de ses besoins spécifiques. De même, le maintien d'une dichotomie structurante au laboratoire entre gestion et pratique scientifique, entre travail d'organisation et articulation d'une part et travail de production scientifique de l'autre est une chimère. Comme l'explique Joan Fujimura, s'inscrivant dans les pas de Strauss :

De même que la situation d'urgence d'une personne correspond à la routine d'une autre, un aspect singulier du travail peut correspondre à une tâche de production ou d'articulation, en fonction du contexte. Par exemple, une technicienne de laboratoire a besoin d'une ultracentrifugeuse pour mener à bien ses expériences. S'assurer qu'elle a une ultracentrifugeuse à disposition est une tâche d'articulation pour elle. En revanche, pour le directeur de laboratoire, acheter l'ultracentrifugeuse est une tâche de production. [...] Ainsi, une tâche d'articulation, d'un point de vue, est une tâche de production d'un autre. Et cette différence de perspective n'est pas nécessairement assimilable à une division du travail entre les personnes.

Fujimura (1987, p. 260), notre traduction

C'est aussi ce qu'affirme le directeur du LBE à Narbonne :

Directeur — Honnêtement, moi, je croyais que DU [Directeur d'Unité] c'était pas un boulot scientifique, tu vois, je ne voulais pas le faire parce que je me disais : « Je vais être perdu pour la science ». Mais c'est un boulot scientifique aussi, hein ! Faire un projet d'unité... c'est pas

évident ! J'ai dû me former... parce que tu défends des gens : ça veut dire que tu connais ce qu'ils font. Donc aller se former à des thématiques que jusque-là tu regardais de loin en te disant : si jamais j'ai une question, je vais le voir. Mais quand tu dois exposer ce qu'il fait tu dois aller comprendre vraiment ce qu'il a fait, voilà. C'est un travail de formation.

Enquêteur — Tu fais ça comment ?

Directeur — Je discute, je lis... après sur le travail scientifique... définir un projet, moi, je savais définir un projet pour moi, pour une thèse, etc. Définir un projet où tout le monde va adhérer... C'est pas évident... Ça fait réfléchir hein, j'ai passé quelques nuits à me poser des questions.¹⁶

Ainsi, il existe des points de vue divergents au sein du collectif quant aux orientations de recherche à prendre : un chercheur en analyses de cycles de vie rappelle à certains de ses collègues que « le E de LBE [sigle du laboratoire], c'est Environnement, pas Énergie ! ». Certains chercheurs seniors travaillent toujours principalement sur la dépollution, et regrettent le poids que prennent les nouveaux thèmes de recherche. Mais les actions du directeur engagent le collectif tout entier : son attachement à la thématique émergente la production de biocarburants à partir de microalgues, régulièrement moqué – toujours avec bonne humeur – comme une lubie, une obsession, a failli se concrétiser à travers le projet *GreenStars*, qui devait occuper, sur dix ans, le laboratoire à 20% de ses effectifs.

Ce projet étendait indirectement les frontières d'un laboratoire à d'autres unités de recherche du bassin narbonnais, prêtes à accueillir les infrastructures dédiées. Le directeur du LBE, inquiet de l'accueil de ce pilote industriel appelant des mutations collectives importantes pour les ingénieurs, techniciens de la vigne et tractoristes de l'unité expérimentale de Pech Rouge, me propose de l'accompagner sur place pour observer sa présentation du projet *GreenStars* au conseil d'unité de la station viticole, devant l'ensemble des personnels¹⁷. Leur « Cité de la Vigne et du Vin », structure d'accueil et découverte des métiers de la vigne ouverte aux publics allait-elle être transformée en « Cité de la Vigne et des Algues » ? Avant son discours, sont discutées les dernières directives de l'institut concernant la sécurité des agents : il intervient alors dans ses fonctions organisationnelles pour apporter l'expérience du LBE dans la gestion collective de l'utilisation des véhicules de service. Il partage ensuite certaines réticences locales quant au développement privé de la structure de transfert technologique de l'INRA (même si le LBE a lui-même développé une antenne de cette structure) : « Chez nous au LBE : l'ancien directeur de labo, le nouveau, et le directeur de l'institut de transfert sont à la CGT ! », confie-t-il. Il leur présente enfin son projet scientifique, qualifié par l'assistance de « super ambitieux » ; l'implantation de dix bassins d'un hectare de microalgues côtoyant le vignoble de la Clape n'appelle pas de réticences et suscite même l'enthousiasme du public. Cette imbrication des modes de discours – organisationnel, politique, scientifique – qui a certainement joué un rôle dans l'adhésion du public concerné, n'est pas forcément le résultat de calculs, d'un discours trop bien maîtrisé : elle reflète la cohérence des fonctions scientifiques et gestionnaires du directeur de laboratoire, au quotidien.

L'observation des interactions au sein du collectif du LBE montre combien le rôle du direc-

16. Entretien avec le directeur du laboratoire LBE de l'INRA, 17 fév. 2011

17. Observation de la présentation du projet *GreenStars* par le directeur du LBE, 25 juin 2012

teur est en effet celui d'interroger inlassablement, faire le lien entre divers projets, s'enquérir des besoins ou manques matériels et humains de chacun. C'est donc un travail qui mobilise une compétence autant scientifique qu'organisationnelle, mais il n'est pas le seul membre du laboratoire œuvrant à rendre les problèmes de tous traitables ; les tâches d'articulation ne sont pas son apanage. Nous le montrerons de façon précise en nous centrant sur deux processus collectifs où se révèle le caractère scientifiquement performatif du travail d'articulation : le dialogue entre collègues aux cultures d'analyse différentes, et la réorganisation d'équipes autour d'objets de recherche partagés.

3.2.2 Parler et se comprendre au laboratoire, un défi

La forme laboratoire « à la française » est certainement très différente de ses homologues américains et allemands qu'ont décrits les premiers ethnographes de laboratoire, parce qu'elle rassemble en son sein des générations diverses de chercheurs formés dans des disciplines distinctes, et consacre donc une part non négligeable de son énergie au travail d'articulation entre les sous collectifs qui la composent.

Le collectif de recherche est hétérogène dans la mesure où ses membres ne partagent que partiellement des valeurs ou des visions communes. Leurs compétences scientifiques et leurs conceptions de la recherche ne s'articulent que partiellement les unes aux autres.

Vinck et Zarama (2007, p. 292)

Le laboratoire est un lieu où la compréhension réciproque est un enjeu. Comment l'atteindre ? Principalement, par le dialogue. C'est ce que nous montrerons dans la suite de cette section, en analysant les énoncés produits par les chercheurs du LBE durant la semaine de séminaire scientifique interne, les présentations de travaux en séminaire d'unité, les moments d'échanges aux pauses-café, cigarette, ou déjeuner¹⁸, c'est-à-dire pendant un moment détaché spatialement et temporellement de la pratique de l'expérimentation. Nous proposons d'explorer ci-dessous, en recourant à différents exemples, « l'alignement des tâches des trois niveaux d'organisation du travail : l'expérience, le laboratoire, et le monde social » (Fujimura 1987).

Questions de compréhension de l'expérience

Lors de nombreux exposés du séminaire scientifique interne, les présentateurs s'excusent d'avoir négligé les règles de labellisation des axes, des échelles, des graphes eux-mêmes, sans parler des mesures d'écart-types, ce qui occasionne de nombreuses questions de compréhension des schémas projetés au mur du type : « Qu'est-ce qu'on voit sur ce graphique ? C'est l'ACP ou... Où sont les algues ? Et où sont les autres 69% de variabilité ? ».

À la suite de ces quiproquos, les interlocuteurs se rendent compte que leur vocabulaire commun recèle d'importantes différences conceptuelles. Tous les échanges de cette section portent

18. *Observation du séminaire scientifique interne et discussions particulières*, fév. 2011

sur un projet – singulier pour le laboratoire – d'extraction d'énergie à partir de macro- et non de microalgues. Dans l'extrait qui suit, le collectif s'étonne qu'un bioréacteur qualifié de « *batch* », normalement donc rempli une seule fois en début de procédure contrairement à un réacteur « continu » (alimenté en substrat de manière continue), soit en fait « nourri » 5 fois par semaine :

Chercheur senior — Sur des solides c'est toujours comme ça, c'est pas du tout comme sur des liquides. [...] Là, on simule un continu en fait !

Doctorante – Oui, c'est pas clair peut-être, quand je dis des *batches*, en fait, le but c'est d'être le plus près des continus possible.

L'usage permanent de la métaphore renvoie parfois à des mécanismes conceptuels, tel ce projet de recherche d'imiter les systèmes digestifs naturels les plus performants et de (re-)créer « la vache selon le LBE », ou encore « la termite selon Suez », que portent des microbiologistes. Mais souvent la métaphore vise à faciliter la communication. Dans ces moments de dialogues, le rapport à l'objet, absent, mais dont on ne cesse de parler, peut se matérialiser quelquefois de façon inattendue. C'est ainsi que dans la citation ci-dessous, le porte-parole se confond avec son expérience :

Directeur — Tu es agitée ?

Doctorante — Non, je ne suis pas agitée !

Sur des temps longs, l'identification et la prise en compte de ces différences de vocabulaire permettent de dépasser beaucoup d'incompréhensions. La forte endogamie y concourt aussi, comme me le confient des chercheurs au cours de conversations particulières :

Chercheur senior : « Tu serais venu il y a vingt ans... L'incompréhension entre équipes était totale. »

Directeur : « J'ai dû me marier pour vraiment comprendre la microbiologie. »

Mais ce travail de compréhension est sans cesse renouvelé et les incompréhensions perdurent ou apparaissent avec les nouveaux corps de savoir :

Ingénieur équipe transfert technologique, *parlant des présentations de l'équipe microbiologie* — Tu as compris, toi, ce matin ?

Ingénieur équipe méthanisation — Non, je ne les ai pas trouvés très pédagogiques !

Ce qui me rassure en tant qu'observateur parfois dépassé par la diversité des types de savoirs, des vocabulaires, et sigles indigènes mobilisés !

Confrontations de cultures d'équipes

Parfois entre deux chercheurs d'équipes différentes, s'opposent des « cultures d'analyse ». Ce fut notamment le cas sur l'interprétation de résultats du postdoctorant allemand ayant amorcé sa carrière scientifique aux États-Unis. Celui-ci propose d'étudier le processus de *biofouling*, ou encrassage par l'accumulation de microorganismes au sein d'un réacteur plein de pâte à papier. Décrasser coûte à l'industrie papetière des millions d'euros et a un fort impact environnemental. Le postdoc propose, dans cette optique, d'identifier les ensembles microbiens en action dans le

biological fouling, en distinguant spécifiquement des groupes en fonction de leur appartenance à différentes communautés microorganiques, mais aussi selon leur morphologie.

« *A very patient postdoc* », tel qu'il se définit lui-même, est entré à l'intérieur de trois réacteurs et y a inséré sept anneaux, sur lesquels 19 coupons découpés avaient préalablement été soigneusement collés (399 au total donc). Les bioréacteurs tournent sur de longues périodes, impliquant une présence quotidienne auprès de l'expérience, dimanche compris. Il récupère, toujours avec précaution, mais à différents stades de fonctionnement des réacteurs, l'ensemble des coupons. À l'aide d'un type spécifique de microscope qu'il est le seul à manipuler au labo, il enregistre au total une série de 3600 images, et grâce à une technique d'imagerie basée sur la différenciation spatiale des niveaux de gris des pixels, il identifie différentes morphologies de microorganismes.

En parallèle, il emploie sur les coupons prélevés une technique standard de biologie moléculaire, les SSCP ou *in extenso* « polymorphismes de conformation des acides nucléiques simple brin », traditionnellement utilisée sur l'ADN ribosomique pour différencier des allèles.

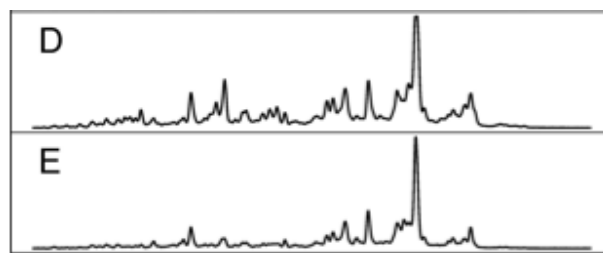


FIGURE 3.2 – Profils SSCP dont la similitude des pics est questionnée (Milferstedt et al. 2012)

Le résultat est présenté sous forme de graphes, sur lesquels la fréquence et l'intensité de certains pics permettent d'identifier différentes communautés de microorganismes. De nombreux pics semblent similaires, mais leur analyse numérique indique qu'ils sont en fait très légèrement décalés. Pour plaisanter, notre postdoc affirme avoir conduit une étude statistique en demandant à plusieurs milliers de personnes si ces graphes étaient ou non identiques. Il affirme en effet que pour les SSCP, on fonctionne souvent à vue et si le décalage est non visible à l'œil nu, on considère que les pics sont identiques et peuvent être réunifiés.

Il ne procède cependant pas à cette simplification, mais utilise une méthode appelée *binning*, qui permet d'aligner les principaux pics entre eux afin de corriger les légères déviations. Dans la discussion portant sur ces travaux, plusieurs rapports à l'image, son analyse et son objectivité s'opposent alors : les membres de différentes équipes mobilisent ce que Lorraine Daston et Peter Galison ont appelé différents jugements entraînés (Daston et Galison 2007). Face à un graphe ou une image scientifique, des chercheurs expérimentés vont immédiatement focaliser leur attention sur un ensemble de détails ou de critères de jugement, spécifiques. Ils ont été entraînés à procéder de la sorte, mais leur rapport à l'image et leur analyse objective sont profondément intuitifs. Ici, certains chercheurs, ayant été confrontés au problème de réaligement des profils SSCP, trouvent que cette méthode de *binning* détruit l'objectivité scientifique du pro-

cessus d'analyse des images. Il est pour eux hasardeux de se fier à cet outil mathématique : si ces pics sont légèrement décalés, c'est peut-être que la morphologie « derrière » est différente et que ces écarts importent donc. Ils mettent en avant l'existence au sein du laboratoire de méthodes alternatives correspondant à des expériences de modélisation antérieures : « tout, mais pas le *binning* ! », implorent-ils. Leur analyse d'un graphe et le degré acceptable de nettoyage de celui-ci sont liés à leur « cultures d'analyse différente » de celle du postdoc, pour reprendre les termes des acteurs. Elles recouvrent parfois d'autres différences culturelles, comme l'indiquent ces discussions particulières :

Chercheur senior : « [Postdoctorant] aurait eu tendance à dire : c'est la même chose, je binne... Dommage, il n'est pas là. »

Postdoctorant : « Oui, on a différentes cultures d'analyse des SSCP. Et [chercheur senior] parle trop. Il avait combien... 80 *slides* ! C'est impoli. Il n'a pas de capacité de synthèse et il n'y a pas de discussion possible. »

Ainsi, le recours à la technique de *binning* est assimilée pour l'un à une tendance plus générale à simplifier à la hussarde (des préjugés nationaux sur l'efficacité excessive des Allemands ou celle des chercheurs formés aux États-Unis, et linguistiques envers la concision de la langue scientifique anglaise participant peut-être à la construction de cet antagonisme), tandis que pour l'autre l'association d'esprit entre la culture d'analyse des SSCP et la prolixité du Méditerranéen est immédiate, ces deux signaux révélant selon lui l'absence de tout esprit de synthèse, et confinant à l'impolitesse.

Sollicitations d'enjeux sociaux

De même qu'il est impossible de lire et analyser une image, de s'opposer scientifiquement sans faire appel à des critères intuitifs de jugements, il est illusoire de séparer de la lecture d'un graphe des enjeux sociaux plus globaux. Lors de la présentation de travaux d'un doctorant comparant différents prétraitements de biomasse à l'aide d'agents chimiques, les chercheurs discutent le choix des résidus agricoles utilisés comme matière première. L'un d'entre eux souligne la nécessité de prise en compte des enjeux sociaux dans l'analyse en distinguant résultats significatifs et résultats intéressants :

Chercheur senior — Bon, après, t'as pas beaucoup de différences quand même là, j'espère que c'est ça ta conclusion !

Doctorant — Non, c'est pas énorme, on doit gagner 20% sur les meilleures conditions...

Chercheur junior — Quand même...

Chercheur senior — Non, mais après c'est pas parce que c'est significatif que c'est intéressant. Statistiquement c'est peut-être significatif, mais après gagner 20mL de méthane, bon...

Cheffe d'équipe Prétraitement — Combien tu disais encore... 25% ? Quand tu discutes avec Naskeo, Methaneo¹⁹, typiquement 25% ça les intéresse...

Directeur — Pour les ACVistes, il n'y a pas que l'énergie. Si jamais tu as un impact environnemental très fort...

Doctorant — On a regardé les ACV sur les agents chimiques, je ne sais plus...

19. Start-up créée à partir du laboratoire pour exploiter un brevet et une entreprise similaire concurrente

Deux sous-ensembles de chercheurs au sein du laboratoire travaillent sur des approches spécifiquement transverses, mobilisées pour donner du sens aux activités des autres membres. La première est l'équipe dédiée au transfert technologique, la deuxième est constituée par les nouvelles recrues travaillant l'analyse de cycle de vie (ACV), pour évaluer de façon systématique les impacts environnementaux des procédés employés. Les chercheurs en question ne sont pas chargés de calculs *ad hoc* au sein de projets, mais possèdent la liberté, sollicitée par le collectif, de travailler sur les aspects les plus théoriques de leur objet d'étude. Signalons, au sein du LBE, l'ambition et l'investissement en moyens humains et financiers de former autour du laboratoire et de l'école SupAgro de Montpellier un groupe de recherche à la pointe sur cette question. Un des articles les plus cités parmi ceux que le laboratoire a publiés porte sur une analyse de cycle de vie de la production de biocarburants à partir de micro-algues (Lardon et al. 2009). Cet engagement collectif incite chacun à questionner la pertinence environnementale, économique (et sociale selon les prétentions de certaines ACV) des dosages qu'il emploie, des procédés qu'il mobilise, voire du projet de recherche qu'il conduit.

Quelles fonctions remplissent tous ces moments d'échange ? Un des apports majeurs de l'ethnométhodologie aux études de laboratoire réside dans l'analyse du rôle du parler-boutique (*shop talk*) au sein de l'activité scientifique. Michael Lynch (1985) met en avant le rôle essentiel de ce mode d'énonciation dans l'aboutissement d'un accord au sein du collectif du laboratoire, même s'il convient de la difficulté à qualifier ce type de discours informel en tant que parole scientifique. Il insiste de même sur le rapport privilégié qu'entretient ce mode de dialogue avec la pratique, alors que le passage à l'écrit dans les comptes-rendus, rapports et autres articles scientifiques, est l'occasion de fermer les boîtes noires et d'opérer une distanciation à l'expérience et à son processus réel. Il distingue alors deux modes de discours : le parler-de-science « *talk about science* » et le parler-science « *talking science* ». Il n'assigne au parler-de-science qu'une fonction descriptive, et identifie deux moments particuliers où ce mode est mobilisé : les tours de labo que l'on propose à un visiteur et la rédaction des rapports de recherche. À l'inverse, le parler-science, assimilable au parler-boutique, est qualifié par un style discursif familier et son « inséparabilité par rapport aux situations de travail » : énoncé au plus près de la pratique, il joue un rôle essentiel dans la production d'un fait scientifique. On retrouve de même chez Amman et Knorr-Cetina (1989) une opposition entre le discours à propos d'un objet « *talk "about" an object* » et le discours en présence de l'objet « *talk "attached" to objects* » ; ce dernier implique une situation tripartite où deux interlocuteurs échangent des idées et forment des concepts tout en manipulant un objet. Selon les auteurs, seule cette situation d'attachement confère au dialogue sa dimension scientifique, intellectuelle, et intrinsèquement conceptuelle.

Nous proposons dans la table 3.1 de croiser ces deux dichotomies des modes de discours au laboratoire, afin de faire émerger de nouvelles catégories et interroger leur rapport à la pratique scientifique. Nous faisons correspondre à chacun de ces modes des situations concrètes d'énonciation dans l'enceinte du laboratoire.

TABLE 3.1 – Les modes de discours au laboratoire, en situation

| | | | |
|------------------------|----------------------|-----------------------|--------------|
| Parler | de science | science | Lynch (1985) |
| à propos d'un objet | entretiens au bureau | séminaires & réunions | |
| en présence de l'objet | visites de labo | expériences | |

Amman et Knorr-Cetina (1989)

La situation d'énonciation qui nous intéresse ici est celle dont nous avons proposé de nombreux extraits dans les pages précédentes : le dialogue scientifique collectif prenant place au cours des réunions et séminaires d'unité. L'articulation entre les trois niveaux du travail identifiés par Fujimura (expérience, laboratoire, monde social) est assurée par ce temps de discussion, axé fondamentalement sur la constitution de faits scientifiques. Questions de compréhension de l'expérience, confrontations de cultures d'analyses différentes, jugements entraînés à la lecture d'un graphe, ou encore interprétation à la fois scientifique et sociale d'une courbe, d'un chiffre, tous ces moments d'échange relèvent de l'ordre du parler-science, qui, pour Lynch et malgré son nom, est un dispositif d'intermédiation autant visuelle que verbale.

Plus descriptif, ne présentant pas de proximité physique à l'expérience, moins riche en onomatopées et borborygmes que les conversations enregistrées en cours de manipulation expérimentale par Lynch (1985), ce mode de dialogue reste toutefois tributaire d'une singularité ethnographique ; il est interne à l'espace du laboratoire et toute personne extérieure ou nouvelle recrue, doit s'y adapter pour en comprendre les échanges et oser y contribuer. Il participe à la construction conceptuelle en tant que moment de construction d'accord sur la signification des phénomènes, et donc comme partie prenante, à part entière, du travail scientifique.

3.2.3 Transformer ses objets, reconfigurer les équipes de recherche

La dimension épistémique des situations de dialogue collectif au laboratoire s'incarne tout particulièrement lorsqu'elles portent sur les objets présents dans le répertoire matériel laboratoire et remettent en cause leur statut. Reijo Miettinen (1998) rappelle que tout objet physiquement présent au labo – microbe, instrument, modèle théorique, échantillon de substrat cellulosique – constitue soit un moyen, soit un objet pour l'activité de recherche. Il développe le cas de *Trichoderma reesei*, champignon filamenteux sécréteur d'enzymes, dont le statut dans le laboratoire qu'il étudie s'est progressivement transformé : à l'origine dispositif de production d'objets d'études, les enzymes en interrelation avec le substrat, il est lui-même devenu objet d'investigation. Si Miettinen propose un modèle général pour penser l'émergence de nouveaux objets de recherches, sur lequel nous reviendrons dans la partie suivante, il n'étudie pas les mécanismes concrets conduisant à cette émergence au sein de l'activité de travail du laboratoire.

Ce que nous nous proposons de faire ici.

« Je voudrais qu'on ne fonctionne pas sur le modèle "J'ai pas le temps, mais il y a des choses à faire : je fais un BMP" », attaque le directeur du LBE.

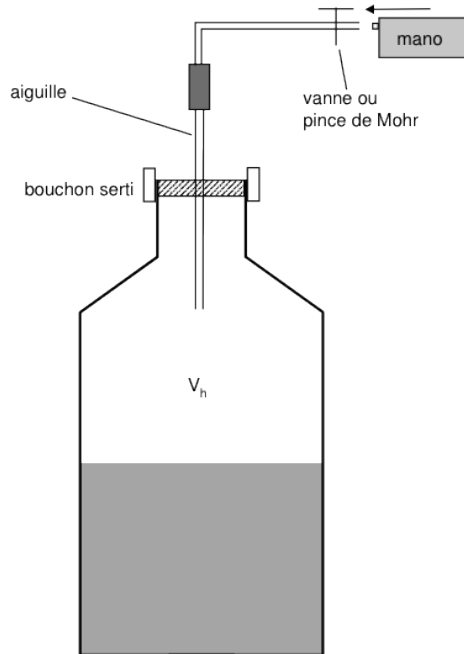


FIGURE 3.3 – Les BMP, objet au statut ambivalent. Protocole expérimental LBE (2006)

Les BMP, abréviation de *Biochemical Methane Potential*, appelés aussi potentiels méthanogène ou potentiels méthane, sont des petits flacons de test permettant, à partir d'un échantillon de biomasse, de déterminer la production maximale de biogaz obtenu par la technique de la digestion anaérobie. Ces tests servent de référent pour de nombreuses expériences ; un marché du BMP dédié aux installations industrielles, mais aussi de production de biogaz à la ferme se constitue. La structure privée de transfert issue du laboratoire et qui maintient toujours d'étroits liens avec lui, nommée INRA Transfert Environnement (IT-E, anciennement Institut des Technologies de l'Environnement) en vend d'ailleurs. Un doute persiste néanmoins parmi certains membres du collectif sur la fiabilité du dispositif, dont l'utilisation est par exemple fortement déconseillée dans le cadre

d'une thèse. Le chef de l'équipe transfert technologique, membre du LBE, présente les résultats d'une étude interlaboratoire à laquelle il a participé (Raposo et al. 2011) :

Chef d'équipe Transfert — On a fait un test BMP interlaboratoires. C'est avec les Espagnols, qui ont pensé ce test au niveau international. Dix-neuf laboratoires y ont participé [le LBE porte le numéro 10]. En fait, ils nous ont envoyé des échantillons de déchets solides, et on a fait des BMP dessus. [...] Alors ce qui était un peu bizarre dans cet essai, c'est qu'en fait ils ont imposé les conditions de fonctionnement. On ne testait pas la méthode qu'utilisait chaque laboratoire, parce qu'ils ont imposé notamment le S_0/X_0 ²⁰, qui est quand même un des facteurs clef. Donc, ils ont imposé la concentration, qui devait être entre 5 et 20 : en boues dans le réacteur, dans les fioles nous ce qu'on utilise c'est 5. Et ensuite ils ont imposé le S_0/X_0 : nous ça allait bien parce que, nous, on utilise 0,5 donc on était tout à fait dans notre gamme, mais s'il y avait des labos qui utilisaient des conditions complètement différentes, à ce moment-là ils n'ont pas testé leur méthode réelle, ils ont testé cette méthode-là. Pour vous dire quoi ? Au final, ce qu'on teste, c'est l'activité des boues. Puisque le seul paramètre qui varie, c'est l'activité des boues. [...] En fait, si on regarde, nous on est le numéro 10 ici, et on a toujours été un peu bas par rapport à ce que d'autres ont trouvé. Bon alors après qui a raison je ne sais pas hein, mais ça veut dire quand même qu'il y en a quand même qui arrivent à 480...

Chercheur — Ah oui...

Chef d'équipe Ingénierie et méthanisation — Mais est-ce qu'ils enlèvent l'activité endogène ?

Chef d'équipe Transfert — Eh voilà. Donc là sûrement il y a un problème d'activité endogène, si l'activité endogène est mal mesurée... Imaginons que ce soit une sortie d'un méthaniseur solide, ça veut dire qu'il y a énormément d'activité endogène, et donc à ce moment-là, après,

20. S_0/X_0 : Rapport entre la concentration initiale du substrat et la concentration initiale de biomasse

on est faux au niveau de la mesure de l'activité... Et ceux-là je suppose que quand même ils ont eu des problèmes d'activité des boues...²¹

Comme chez H. M. Collins (1975), l'étude interlaboratoires est surtout l'occasion d'imaginer les mauvaises manipulations de certains autres laboratoires : « Tu peux même pas faire du comparatif ! L'étude de Raposo ça mène à rien. Une étude interlaboratoire c'est ça : tu mets tout. ». Néanmoins, deux constats ont pu être tirés de cette étude. Le premier est général : les résultats des BMP sont cohérents à l'échelle d'un laboratoire, mais ne peuvent être comparés entre plusieurs sites de production. Le second est propre au LBE : la production de biogaz mesurée par leurs BMP est plutôt plus faible que la moyenne des autres labos. Pour pallier cette faiblesse due à l'activité des boues, l'équipe transfert technologique propose de mettre en place un dispositif d'approvisionnement conséquent, pour standardiser les conditions d'utilisation des BMP :

Chef d'équipe Transfert — Chaque fois on est toujours à la limite : là on est ici, là on est ici...

On avait des boues qui étaient un petit peu faibles... En tout cas, c'est la conclusion qu'on en a tirée. Donc ce qu'on a fait c'est qu'on a décidé de changer les boues qui étaient utilisées pour les tests BMP, parce qu'on les avait prélevées en sortie du lit fixe qu'utilisait Philippe, mais à ce moment-là le réacteur ne marchait plus... Donc, c'étaient des boues qui devaient commencer à vieillir, qui n'avaient plus vu de substrat depuis longtemps, et donc qui n'avaient pas une activité top. Maintenant ce qu'on fait c'est qu'on prend systématiquement des boues UASB²² de la sucrerie de Marseille, parce que c'est un méthaniseur qui est en fonctionnement, qui est bien surveillé, et les boues on la reçoit en bidon de 50 litres. On peut stocker à la chambre à 35 degrés et en libre service. Donc si vous allez à la chambre à 35, il y a un bidon avec marqué dessus « Boues UASB de Marseille, libre service », je vais essayer de faire un changement de lot tous les 3 mois. Là maintenant, on a mis au point un système assez facile : on envoie un bidon le lundi, le vendredi il est revenu ici avec une boue. Donc en moins d'une semaine, on arrive à avoir des nouvelles boues. On va changer le pot plus souvent, et donc avant de faire un test BMP il est recommandé de placer les boues dans un réacteur sous agitation magnétique, pour déplacer les granules et vérifier leur activité.

Si nous avons choisi de citer aussi extensivement ce protocole d'approvisionnement, c'est que, fidèles au principe d'inversion infrastructurelle (Bowker et Star 1999), nous voulons expliquer l'émergence d'un objet de recherche au laboratoire à partir du point de vue empirique des matériaux et des instruments. La chaîne logistique, les techniques, les méthodes de maniement des animaux furent inventées en même temps que le cadre conceptuel de la biologie ; elles ne sont pas accidentelles, mais en sont constitutives (Clarke et Fujimura 1992). Et comme l'a révélé Adele Clarke (1998), comprendre le développement des sciences de la reproduction, c'est prendre en compte les chatouilles comme moyen de faire produire à une vache les quantités d'urine nécessaires aux expériences. De même ici, pour le chef d'équipe « transfert technologique », la conduite rigoureuse des expériences de chacun dépend d'une standardisation des tests BMP, et la longévité des BMP comme moyen au service de l'activité de recherche, d'un arrivage continu et contrôlé de déchets liquides au laboratoire : les boues.

21. Tous les extraits de cette section sont issus de l'*Observation du séminaire scientifique interne et discussions particulières*, fév. 2011

22. Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) : réacteur anaérobie à lit de boues à flux ascendant

Un allié matériel milite aussi pour le maintien de ce statut des BMP : le protocole expérimental du laboratoire qui encadre leur utilisation (LBE 2006). Ce protocole joue le rôle d'objet-frontière (Star et Griesemer 1989) entre les sous-ensembles du laboratoire : c'est-à-dire entre les différentes équipes, mais aussi entre le groupe des chercheurs, ceux des ingénieurs, des techniciens, des doctorants et des plus jeunes stagiaires. Dans sa construction d'abord, les références en première page, on ne peut plus diversifiées, comprenant :

- un protocole standardisé dans la norme ISO 11734.
- une version d'un « *Guideline* de l'OCDE ».
- le travail de synthèse d'un groupe de travail de l'*International Water Association*, issu d'une conférence internationale.
- un article paru dans *Environmental Science and Biotechnology*.
- « l'expérience pratique du LBE ».

Par son contenu ensuite : il est détaillé au point que, parmi les formules utilisées, seule la scolaire équation des gaz parfaits $PV = nRT$ n'est pas directement mentionnée, et il s'adjoint d'un tableau Excel automatisé qui contient plusieurs niveaux de lecture et d'utilisation puisque des cellules masquées recèlent des calculs intermédiaires et paramètres supplémentaires.

Ce protocole ne couvre cependant pas la pluralité des usages des BMP :

Chef d'équipe Transfert — Donc normalement il ne faut pas faire un test en prélevant directement des boues, il vaut mieux les mettre dans un réacteur isolé... bon le mieux ce serait de vérifier l'activité à l'éthanol, mais euh bon... C'est le point clef : on a un protocole très chiadé au labo qui décrit au milligramme près combien il faut mettre de produits chimiques, par contre sur les boues il n'y a pratiquement rien. Et c'est ça, je pense, le point clef. [...]

Directeur IT-E — C'est une bonne question en fait : est-ce que... On travaille en anaérobie depuis longtemps : il y a énormément de biodigesteurs qui marchent au labo. L'inoculation, les tests en fiole, les BMP, les *batches* sont analysés : on n'a aucune idée en fait de l'influence des boues sur les indicateurs.

Chef d'équipe Transfert — Si, nous ce qu'on fait avec Philippe, c'est qu'on a un test à l'éthanol systématique. On valide les boues...

Dans la pratique quotidienne, seuls ceux qui connaissent au mieux les BMP font le travail de valider les boues par un test systématique à l'éthanol. Certains commettent ce qui constitue au laboratoire une faute, en s'en servant pour mesurer des cinétiques – ou vitesse à laquelle le processus produit du biogaz. Deux approches s'opposent alors, entre ceux qui souhaitent (ici le chef d'équipe transfert et son équipe) progresser dans la voie d'une standardisation de l'outil existant, et ceux (principalement le directeur du LBE mais aussi celui de la structure privée IT-E) qui veulent ouvrir la boîte noire et transformer le statut des BMP. Le BMP ne serait alors plus seulement un instrument de test présent dans le répertoire matériel du laboratoire, mais un objet de recherche à part entière :

Directeur IT-E (Romain) — Moi je trouve que c'est quand même dramatique qu'au bout de 25 ans on soit dans des conditions si empiriques...

Directeur du labo — Je suis 100% d'accord !

Directeur IT-E — C'est complètement empirique quoi, on dit « on va chercher des boues à Marseille », on les met là et puis...

Chef d'équipe Transfert (Michel) — Non, mais attends, Romain, on vérifie l'activité sur l'éthanol, on a la charge organique, on vérifie qu'elle est utilisable, il y a des lots de boue qu'on rejette... Toi, tu en es peut-être là, nous on n'en est pas là... [inaudible]

Directeur du labo — Michel, Michel ! Je suis plutôt d'accord avec Romain qu'avec toi. C'est-à-dire...

Chef d'équipe Transfert — Non, mais là on a l'impression que c'est la pire boîte noire où on prend des boues que l'on ne connaît pas...

Directeur du labo — Non, oui... mais là j'ai l'impression que ce qui est décidé c'est : on sait qu'on a une boîte là qui est un peu difficile, si on ouvre et qu'on regarde un peu plus on va s'apercevoir de choses, donc on referme vite pour ne pas les voir...

Chef d'équipe Transfert et autres — Nooon !

Chef d'équipe Transfert — Moi, les BMP, je ne les regarde même pas ! C'est toutes les expériences qu'on a en réacteur, on a quand même plein d'informations...

Directeur du labo — Alors, c'est pas...

Chef d'équipe Transfert — Non, non, mais je ne le prends pas pour une critique personnelle, mais aller dire qu'au labo... On n'en est pas là...

La transformation du statut des BMP d'instruments à objets de recherche n'est pas actée. C'est là toute la difficulté d'analyser les tâches d'articulation en action : les recherches sur les BMP font-elles ou non partie de l'ensemble des problèmes traitables au LBE ? Lucy Suchman (2005), attachée à suivre la vie sociale des objets (Appadurai 1988), rend compte d'une transformation réussie d'un objet fini en objet de recherche, qu'elle a accompagné en travaillant de nombreuses années au *Xerox Corporation's Palo Alto Research Center* (PARC). Tout comme le photocopieur au PARC, les BMP sont un produit déjà disponible et inventé, dont une des trajectoires sociales possibles est de remonter la chaîne de production, passant du développement de produit fini et exploité au centre de recherche. Ici, en effet, le LBE envisage d'étudier un objet dont l'évolution était *a priori* abandonnée à la structure INRA Transfert – Environnement. Tout comme le photocopieur 8200, c'est son échec en tant qu'objet quotidien qui pose pour les BMP le problème de les réinventer en tant qu'objet de la recherche scientifique. Il nous est impossible à ce stade de mener l'analyse de cette trajectoire plus en avant, mais notre retour au laboratoire²³ fut l'occasion d'apprendre que les discussions à ce sujet perdurèrent au cours de l'année suivante et que deux projets de recherche, un portant sur la standardisation des BMP et l'autre visant à ouvrir la boîte noire qu'ils forment, furent amorcés.

Pour penser ce troisième type d'articulation que constitue l'émergence et la transformation d'objets de recherche partagés au sein du laboratoire, nous proposons un retour en arrière sur l'évolution conjointe des objets et équipes de recherche du LBE. Pour Suchman, il existe en effet des « dynamiques relationnelles d'association (et dissociation) qui caractérisent l'identification des objets et des personnes ». S'inspirant de l'analyse des socialités centrées sur l'objet développée par Knorr-Cetina (1997), elle affirme :

La constitution des objets est une ressource stratégique dans l'alignement des identités professionnelles et des positionnements organisationnels.

Suchman (2005, p. 381), notre traduction

23. Discussion collective de la monographie produite sur le LBE, 17 avr. 2012

Nouveaux objets et divisions organisationnelles du collectif se coproduisent donc, selon Suchman. Retrouve-t-on une telle dynamique de reconfiguration au sein du LBE ?

Le Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement indique étudier les processus de transformation des déchets et éléments polluants « à l'échelle du processus par la caractérisation des cinétiques, des systèmes clés physiologiques et des dynamiques de populations microbiennes », mais aussi « à l'échelle du procédé par le développement de nouveaux types de systèmes d'épuration, par l'optimisation de l'hydrodynamique ou de la conduite des bioréacteurs, ainsi que par la mise en œuvre de techniques physico-chimiques de co-traitement »²⁴. Il sollicite donc différentes compétences scientifiques spécifiques, notamment en écologie microbienne, génie microbiologique, génie des procédés et mathématiques appliquées, à l'interaction de nombreuses disciplines : biologie et chimie principalement, mais aussi écologie, mathématiques, physique. . . La structuration du laboratoire en cinq équipes de recherches, dont les dénominations et le champ d'expertise varient périodiquement, s'inspire de ces découpages *a priori* naturels car hérités de cadres stabilisés de formation, mais elle n'en constitue pas un calque.

La figure 3.4 permet de visualiser la transformation progressive d'équipes de recherches disciplinaires en équipes configurées autour de nouveaux objets de recherche, entre 2002 et 2012. En 2002 (et auparavant), le nom de chaque équipe reflète un champ scientifique distinct, alors que les dénominations actuelles, elles, font référence à des objets de recherche particuliers, autour desquels plusieurs familles de savoirs sont mobilisées. Si l'équipe « Écologie microbienne et biodiversité » renvoie toujours à une science en particulier – la microbiologie –, celle consacrée aux biofilms rassemble des chercheurs autour de ce nouvel objet de recherche. C'est aussi le cas pour l'équipe dédiée à l'étude des processus de prétraitement et dégradation de la biomasse. Celle d'ingénierie des filières de méthanisation regroupe autour du génie des procédés des compétences transverses telles la modélisation et les approches environnementales des analyses de cycle de vie. La cinquième, dédiée au « Transfert technologique » et dont la majorité des membres sont ingénieurs ou techniciens est fortement orientée vers les problématiques propres aux collaborations industrielles. Les services communs, enfin, permettent à tout ce monde de travailler sans accroc.

Il ne s'agit pas ici d'un simple jeu sur les mots : les trajectoires internes des permanents au sein du collectif de laboratoire permettent d'affirmer que ces reconfigurations ont permis un réel panachage des compétences, et même les services communs sont concernés. Les nouveaux profils de recrutement participent aussi à cette diversité : le postdoctorant allemand dont il a été fait mention précédemment fut recruté en tant que chargé de recherche dans une équipe différente de celle où il travaillait jusqu'alors. On peut distinguer entre 2004 et 2009 une période transitoire où de nombreuses collaborations interéquipes ont amené à créer un grand groupe unifié de chercheurs intitulé « Ingénierie des Procédés », pour finalement le subdiviser en nouvelles catégories porteuses de sens. Car s'il n'interdit pas les collaborations transverses, comme

24. *Rapport d'activités 2000-2003, à l'attention de l'Institut National de la Recherche Agronomique ; Rapport d'activités 2005-2009 à l'attention de l'Agence de l'Évaluation de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur*

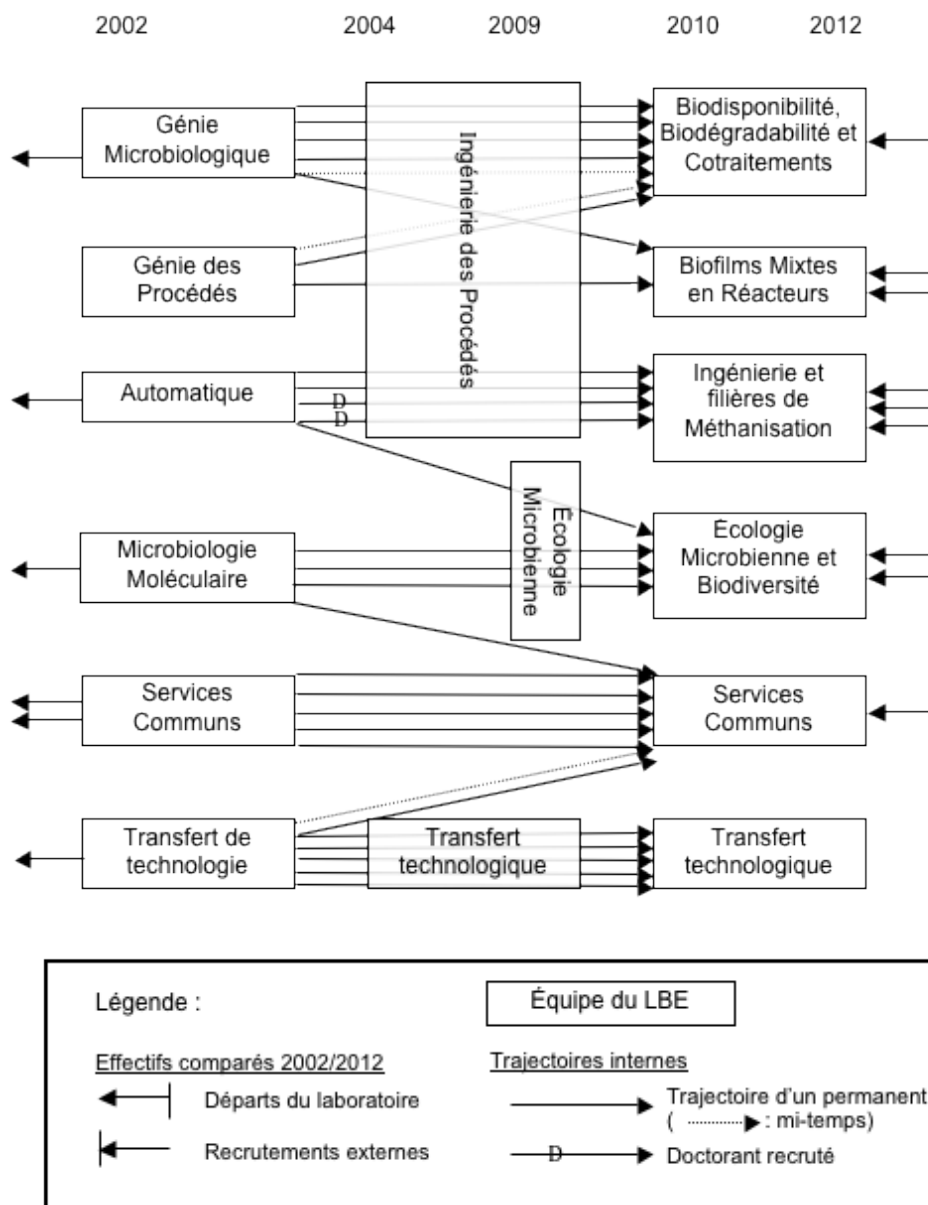


FIGURE 3.4 – Reconfiguration des équipes de recherche du LBE entre 2002 et 2012

nous le vîmes avec l'utilisation de modèles pour identifier le facteur à l'origine des résultats singuliers de la doctorante, le niveau de structuration par équipe constitue l'échelon principal du laboratoire et est significatif au quotidien pour ses membres. D'autant plus importante est donc la transformation de ces différentes équipes, amorcée par l'émergence et l'évolution d'objets de recherche, qui nécessitent la coordination de savoirs différents pour traiter des problèmes scientifiques d'un genre nouveau.

Nous avons identifié trois dispositifs d'articulation entre les contingences de la pratique expérimentale, l'organisation structurée du collectif, et les évolutions externes qui pèsent sur lui : le travail à la fois scientifique et gestionnaire du directeur, le mode spécifique de dialogue scientifique visant à la compréhension réciproque des sous-ensembles du labo, ainsi que l'engagement dans la transformation d'objets issus du répertoire matériel collectif en objets de recherche

à part entière. Tous convergent vers un but principal : assurer que l'espace collectif de travail permette à chacun de créer et traiter des problèmes intéressants et reconnus comme tels. Voici le sens fort que nous donnons à la notion de collectif engagé, qui pense son existence comme un enjeu (Granjou et Peerbaye 2011). Cet engagement peut être plus ou moins abouti, mais il est sans cesse renouvelé : il évolue à mesure que les expériences, la structure du laboratoire, mais aussi le monde extérieur se transforment. Dire que le laboratoire doit être pensé dynamiquement comme l'ensemble des problèmes traitables en son sein, comme nous le faisons à la fin de la première section de ce chapitre, cela revient donc à affirmer que l'intérêt, pour la production de faits scientifiques, de l'existence de la forme laboratoire elle-même, réside tout entier dans les tâches d'articulation performées par son collectif.

Nous proposons, à partir de ces constats, une manière singulière de penser le laboratoire, à travers ses métamorphoses. Comment un lieu et dispositif en perpétuelle redéfinition de ses projets, objets et frontières, parvient-il néanmoins à maintenir et afficher une cohérence d'ensemble et la faire reconnaître comme scientifiquement valable ? Pour répondre à cette question, nous chercherons à qualifier la relation complexe qu'entretient un laboratoire avec son domaine de recherche.

3.3 Le laboratoire dans ses dynamiques

Rendre compte du rôle concret de l'affiliation à un domaine de recherche au sein du travail scientifique est une question sensible. Dans *La Vie de laboratoire*, Latour et Woolgar (1979) identifient une réticence des chercheurs confrontés à la réduction ou l'assimilation de leur travail à un processus d'inscription : « ce qui compte à leurs yeux est qu'ils écrivent *sur* quelque chose, à savoir la "neuroendocrinologie" ». Les auteurs observent que ce quelque chose disparaît pourtant du travail et des discussions de laboratoire. J'ai fait le même constat lorsqu'au soir du premier jour passé au LBE, labo qui pesait alors pour la moitié des projets financés sur le thème « bioénergies » cette année-là, le terme même de « bioénergies » n'avait pas été prononcé une seule fois. Constat déroutant pour le sociologue novice !

Faut-il pour autant ignorer cet attachement revendiqué par les chercheurs à un domaine de recherche, faire comme si l'analyse de l'activité scientifique pourrait se restreindre à l'analyse de la production interne au laboratoire ? C'est le point de vue de Latour et Woolgar, qui ne voient dans cet attachement qu'un artefact, une mythologie qui donne sens à cette production pour son public externe.

En se situant « dans un domaine », on établit aisément une correspondance entre un groupe, réseau ou laboratoire particulier et un mélange complexe de croyances, d'habitudes, de traditions orales et de savoir-faire.

Latour et Woolgar (ibid., p. 46), traduction M. Biezunski

Ils s'acquittent du problème d'articulation entre production et construction de la valeur d'un

domaine en s'enfermant dans les frontières du laboratoire, et évacuent l'analyse de ses « programmes » :

Les objectifs assignés à chaque programme changent en quelques mois. La notion de programme que nous avons utilisée se révèle inadéquate au sens où elle n'est que pur dispositif intermédiaire qui a servi à notre observateur à se familiariser avec son terrain. Il sait désormais ce qui distingue ce laboratoire des autres et connaît les combinaisons de personnel et d'inscripteurs qui amènent à la production de tel ou tel type d'articles.

Latour et Woolgar (ibid., p. 57), traduction M. Biezunski

Cette dernière citation met l'accent sur le regard statique des auteurs, comme si les types d'articles produits, les « combinaisons de personnel et d'inscripteurs » n'évoluaient pas au fil du temps. Ils analysent la notion de « programme » comme si elle était à eux seuls destinée, et ne servait en rien le travail de production scientifique entrepris par les indigènes, chercheurs du laboratoire. Je développerai ici un point de vue différent, selon lequel l'intérêt même de l'activité de recherche au laboratoire ne peut se comprendre qu'en articulant production et construction de la valeur scientifique.

3.3.1 Le collectif de recherche et ses transformations identitaires

Bruno Latour, durant ses deux années de terrain californien, suit des acteurs qui vivent au sein d'un paradigme. Doing (2009), pour sa part, souligne qu'un laboratoire est une entité qui évolue considérablement dans des temps plus longs. Ce à quoi sert un synchrotron, comment le manipuler, mais aussi le rôle du technicien de laboratoire, sa reconnaissance scientifique ainsi que le regard qu'il porte sur sa propre activité, sont en permanence redéfinis entre les temps fondateurs de la physique des hautes énergies, celui de la coopération au sein du groupe rayons X, l'arrivée de la biologie ou l'émergence des « cristallographes ». Doing ne sait de quand dater la forme qu'a le laboratoire au moment où il le quitte, mais il doute également qu'il n'ait pas évolué au cours des huit années de son observation participante.

Le « dedans » et le « dehors » d'un labo ne sont pas des catégories stables ou données une fois pour toutes. Elles sont modelées par la pratique, puisque dans toute définition du lieu de production de travail scientifique il y a reconstruction *a posteriori*.

Doing (ibid., p. 142), notre traduction

Cette proposition est proche de celle que donne Karin Knorr-Cetina dans le chapitre 2 d'*Epistemic Cultures* (Knorr-Cetina 1999) intitulé « What Is a Laboratory ? ». Pour elle, les laboratoires sont des unités relationnelles qui gagnent du pouvoir en instituant des différences avec leur environnement. Le laboratoire reconfigure à la fois des ordres naturels – l'objet de laboratoire est une version tronquée, déplacée dans le temps et l'espace d'un objet naturel –, des ordres sociaux – le biologiste moléculaire devient lui-même sujet épistémique en agissant tel un instrument corporel de mesure –, mais il travaille aussi son identité à partir de ses précédentes « incarnations » (*its own previous makeup*). Le laboratoire n'existe donc que dans une perspective dynamique :

Nous devons nous représenter les laboratoires comme des processus à travers lesquels des reconfigurations sont négociées, actées, substituées et supplantées. Nous avons alors besoin de la notion d'*étapes* de processus de laboratoires, qui peuvent être étudiées historiquement et qui pourraient aussi se révéler importantes pour la question de formation d'un consensus.

Knorr-Cetina (1999, p. 44-45), notre traduction

Un laboratoire est donc en permanente métamorphose. Ses transformations identitaires sont liées à la manière dont, comme collectif complexe, il se représente et travaille son passé et son présent pour instruire ses orientations futures. Ainsi, les chercheurs du LBE revendiquent et interprètent-ils le passé protéiforme de celui-ci quand ils écrivent leurs projets d'avenir à l'occasion de leur évaluation. Ils synthétisent l'histoire de leur laboratoire et l'évolution de ses frontières physiques et d'expertise, comme suit :

L'histoire riche de ce laboratoire fut initiée en Avril 1875 lorsque le Comice Agricole de Narbonne demanda la création « [...] d'une Station expérimentale de viticulture et d'œnologie [...] avec un enseignement nomade [...] ». Cette demande fut concrétisée le 10 janvier 1895 par la parution d'un arrêté ministériel portant création d'une Station œnologique à Narbonne : « [...] Le Département de l'Aude et la Ville de Narbonne participeront pour la moitié aux frais d'installation et prendront en charge les dépenses d'entretien sauf les traitements des personnels de la Station qui seront payés par l'État ». Provisoirement logée dans des locaux mis à disposition par une personnalité vigneronne, la Station de Recherches Viticoles et Œnologiques fut implantée en 1936 en bordure de la ville de Narbonne et fut inaugurée par Léon Blum, alors député de l'Aude.

En parallèle, la même année, la Société de pêche de l'Aude adresse une demande à la Station pour « éviter que les poissons des différents cours d'eau ne meurent à la suite des rejets des caves et distilleries vinicoles ». Le directeur de l'époque, Michel Flanzky, sensibilisé aux problèmes de pollutions (urbaines et agricoles) par l'enseignement du professeur Paul Sabatier (Prix Nobel de chimie et doyen de la Faculté des Sciences de Toulouse), mit en œuvre des solutions physico-chimiques associées à des tests *in vivo* sur des poissons-ablettes. L'idée était lancée : la diversification des coproduits et la valorisation de sous-produits de la vigne pouvaient faire partie intégrante des travaux de recherche d'une station œnologique. C'est dans cette perspective qu'a donc été créé le LBEIAA (Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement des Industries Agro-Alimentaires) à la fin des années 80, laboratoire alors rattaché au département INRA Biotechnologie, Fruits, Légumes et Dérivés.

Suite à l'élargissement de ses domaines d'application, et sous l'impulsion de son directeur René Moletta, le LBEIAA est devenu LBE, Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement, au milieu des années 90 et a été rattaché aux départements EA et MICA (intitulé Microbiologie à l'époque).²⁵

Cette synthèse a l'avantage de présenter autant les péripéties d'une histoire riche que l'analyse du sens qu'elle possède pour ses auteurs contemporains. Nos chercheurs, au travers de cette narration, reconstruisent pour leur laboratoire une unité et un fil directeur non évidents *a priori*. Ils ancrent la fondation du labo dans des temps plus longs que celui de leur institut, *a fortiori* de l'agence chargée de leur évaluation. Ils s'inscrivent dans la grande Histoire : c'est le président du conseil du Front populaire Léon Blum qui inaugure en plein Midi rouge le laboratoire

25. Rapport d'activités 2005-2009 à l'attention de l'Agence de l'Évaluation de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur

de viticulture et celui-ci serait indirectement redevable d'une de ses réorientations majeures au seul Prix Nobel né dans le département, Paul Sabatier (Chimie, 1912). Cette double filiation est signifiante pour comprendre l'identité du LBE, qui se vit à la fois comme un lieu de production scientifique de premier plan, mais aussi fortement porteur d'une conscience politique très marquée à gauche.

Le laboratoire est un de ceux qui, à l'heure actuelle, bénéficient grandement de la montée en puissance du financement sur projets, puisqu'il participe à six structures de recherche retenues par le grand emprunt et compte un portefeuille de pas moins de douze projets financés par l'Agence Nationale de la Recherche, cinq projets européens et une dizaine de divers autres ; qu'il a accueilli dans ses locaux des grandes entreprises comme Lesaffre, ou aidé à créer des startups en biotechnologies ; qu'il collabore beaucoup avec Veolia, GDF Suez et affiche fièrement ses relations avec l'industrie. Dans le même mouvement d'affichage de ses orientations, lorsque son nouveau directeur prononça son discours inaugural devant ses collègues du labo, des diapositives en arrière-plan affirmaient que son accession au statut de *primus inter pares* ne remettrait en cause ni ses convictions, ni ses valeurs, ni son adhésion à la Confédération Générale du Travail. Lors de notre séjour, les conversations de table, notre participation à une réunion syndicale consacrée aux négociations menées au niveau de l'institut pour la titularisation de tous les non permanents, ont été l'occasion de vérifier la vigueur de cet engagement assez unanime. Ce dernier sujet est particulièrement sensible puisque le nombre croissant de recrues non permanentes (stagiaires, doctorants, mais aussi ingénieurs et chargé d'études recrutés en CDD) est lié aux multiples succès obtenus aux appels à projets. Les effectifs contractuels ont doublé sur la période 2008–2012 et atteignent quarante individus, tandis que le nombre de titulaires est resté constant autour de trente personnes ; notamment le personnel administratif des services communs, chargé de gérer tous ces contrats.

Dans leur synthèse historique, les chercheurs du LBE mettent en avant deux anciens directeurs pour leurs qualités d'anticipation et leur capacité à porter une mutation : le premier pour avoir redéfini le sens même de ce qu'est un laboratoire de viticulture, en intégrant désormais certaines nouvelles thématiques qui « pouvaient faire partie intégrante des travaux de recherche d'une station œnologique » ; quant au second, c'est pour son audace à pérenniser l'existence locale du labo qu'il est salué :

Directeur — Il y a un chercheur qui s'est dit que ça serait peut-être intéressant de traiter les vignasses : c'est parti de l'activité d'un chercheur au départ. Après, en termes de dynamiques, ça peut être intéressant pour toi aussi, le labo d'analyse des vins a été arrêté parce qu'il faisait concurrence à des labos privés et donc a fusionné avec Pech-Rouge²⁶, qui est à 10 km d'ici, et il était donc question de délocaliser les gens qui étaient ici, ça, c'était en 1990. Donc, les gens avaient le choix : soit aller à Marseille, soit travailler à Pech-Rouge. Et puis le directeur de l'époque, Moletta, a dit : pourquoi, au lieu d'arrêter, ne pas mettre le paquet [en centrant exclusivement les recherches du laboratoire sur les processus de traitement des eaux et déchets] ? Et donc, la région et la ville ont payé le labo. C'est vraiment un coup de poker qu'il a tenté à

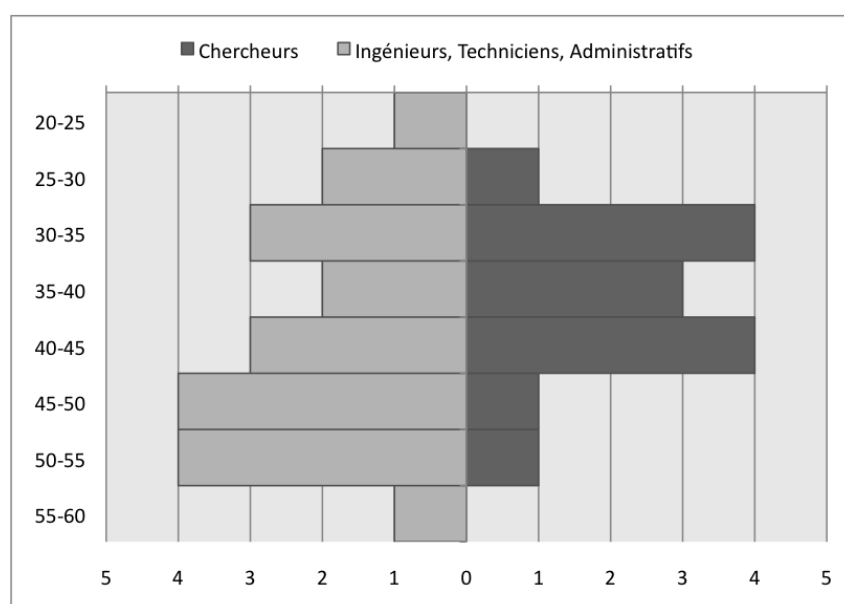
26. Unité expérimentale de l'INRA spécialisée dans les recherches en viticulture et œnologie

une réunion ! Il y a eu un écho favorable auprès d'une personne de la région et puis l'INRA a mis les postes et on est passé d'une toute petite unité – une dizaine [de titulaires] au début des années 1990 – et il y a eu boum de recrutement entre 1992 et 1995 : maintenant on est 34 permanents.²⁷

Les chercheurs seniors du LBE ont presque tous été recrutés, âgés de 26-27 ans, durant cette période 1992-1995. Ceci explique que le collectif de travail soit aujourd'hui relativement jeune, très concentré autour de la quarantaine. Peu de membres du collectif ont donc connu les transformations qu'ils narrent et dont ils revendiquent la portée dans la construction de leur identité. La question mérite alors d'être posée : s'agit-il toujours du même laboratoire ?

La pyramide d'âge des membres permanents du laboratoire, agents de l'INRA, représentée en figure 3.5, esquisse une réponse : si l'on ne se fiait qu'au profil des chercheurs, alors le laboratoire aujourd'hui n'aurait sans doute rien de commun avec ses prédécesseurs et le récit historique qu'ils mobilisent ne constituerait qu'une légitimation *a posteriori*. Mais un collectif de laboratoire comprend aussi les personnels ingénieurs, techniciens et administratifs (ITA). La morphologie de leur pyramide d'âge est plus conforme à celle d'un laboratoire ancien et vieillissant, et indique que nombre d'entre eux furent « hérités » des précédentes grandes mutations. Cette dualité structurelle du collectif de laboratoire est pour nous significative : elle indique la coexistence d'un ensemble de savoirs, pratiques et compétences pérenne, maîtrisé par les ingénieurs et techniciens, et de corps de connaissances nouvelles apportées par de plus jeunes chercheurs.

FIGURE 3.5 – Pyramide d'âge des personnels permanents du LBE en 2009



27. Entretien avec le directeur du laboratoire LBE de l'INRA et un chercheur en ACV, 23 mar. 2009

3.3.2 Mécanique des corps épistémiques au laboratoire

Le premier niveau de ces ensembles de savoirs et pratiques serait assimilable à ce que Hans-Jörg Rheinberger nomme le système expérimental d'un laboratoire, ce terme faisant explicitement référence à l'agencement des équipements, instruments et des moyens de leur maîtrise physiquement présents au labo :

Les systèmes expérimentaux donnent aux laboratoires leur caractère spécifique comme cadre culturel particulier : comme des lieux où les stratégies de signification matérielle sont générées. À la fin, ce n'est pas la culture scientifique ou la culture au sens large qui détermine « du dehors » ce que cela signifie d'être un laboratoire, puisqu'une fabrique de choses épistémiques se transforme, tôt ou tard, en choses techniques et vice versa. C'est à l'intérieur du laboratoire que ces signifiants maîtres sont générés et régénérés, et à la fin gagnent le pouvoir de déterminer ce que cela signifie d'être une culture scientifique – ou une culture au sens large.

Rheinberger (1997, p. 37), notre traduction

Le système expérimental d'un laboratoire le caractérise tout en donnant sens à son collectif. Ainsi, tous les membres du LBE se reconnaissent dans leur système expérimental, le domaine d'expertise pour lequel ils sont internationalement reconnus : la digestion anaérobie. Ils lisent et publient des papiers concernant la digestion anaérobie, fréquentent à travers le monde des collègues qui la pratiquent, et veulent être jugés à l'aune de leur maîtrise de ses procédés. Le Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement a donc connu deux systèmes expérimentaux successifs, le premier concentré sur l'étude des technologies du vin, le second, initié à partir du traitement des effluents viticoles, sur la technique de la digestion anaérobie. Ils l'investissent depuis le début des années 1990.

Directeur adjoint — On fait la même chose depuis vingt ans. Mais d'abord, on appelait ça traitement des déchets, puis énergie, maintenant bioraffinerie.²⁸

À la lecture de cet extrait, on mesure combien le système expérimental d'un laboratoire fait sens dans le cadre de la production scientifique, contrairement aux domaines dans lesquels ce système s'inscrit et qui ne représenteraient qu'un engagement de surface. Mais faire la même chose depuis vingt ans, reproduire un système expérimental, c'est nécessairement le faire évoluer :

Reproduire un système expérimental signifie maintenir vivantes les conditions – objets d'enquête, instrumentation, maîtrises et savoir-faire, à travers lesquelles il reste « productif ».

Rheinberger (ibid., p. 75), notre traduction

La doctorante qui appliquait les procédés et modèles du traitement des eaux usées par la technique de la digestion anaérobie, aux déchets municipaux solides, reproduisait ainsi le système expérimental du laboratoire : elle l'a maintenu vivant en opérant un déplacement qui fit émerger une résistance, résistance dont la résolution produisit un nouveau fait scientifique.

28. *Observation du séminaire scientifique interne et discussions particulières*, fév. 2011

Pour Rheinberger, l'ensemble des processus de construction scientifique de sens est donc interne au laboratoire. Reijo Miettinen (1998), lui, propose de penser l'objet de recherche à travers une analyse des interrelations entre le dedans et le dehors du labo d'une façon complémentaire, mais à front renversé, de celle de Rheinberger :

Mon unité d'analyse est l'activité d'une communauté de recherche. J'analyse la construction d'un objet [de recherche] comme l'effort complexe et continu de cette communauté pour créer et maintenir le sens social et le but de son activité. [...] Mon étude se concentre sur la relation entre la construction d'un objet et l'usage sociétal de résultats de recherche, hors de la communauté de recherche.

Miettinen (ibid., p. 423-424), notre traduction

Puisque Miettinen s'intéresse en outre aux bioénergies, même si elles n'en portaient pas encore le nom, rappelons ici les péripéties et transformations qu'a connues le *Biotechnical Laboratory* du Centre National de Recherche Technique de Finlande, ou VTT-BIO, dans lequel il travailla. Ce laboratoire s'est progressivement imposé pour devenir une des références européennes en matière de recherche sur les bioénergies, plus spécifiquement sur l'hydrolyse enzymatique de la lignocellulose dans l'optique de produire sucre, alcools et donc carburants à partir de fibres de bois. Après avoir étudié dans les années 1960 les enzymes en action dans la fermentation de la bière et la dégradation de la cellulose – les cellulases – le laboratoire VTT-BIO a profité du fort engouement pour les énergies alternatives à la suite de la hausse des prix du pétrole et a alors, poussé par un programme national, orienté ses recherches vers la production d'éthanol-carburant à partir d'un type de cellulose présent dans le bois : la lignocellulose. Le contre-choc pétrolier, mais aussi les problèmes propres aux enzymes et substrats qui n'agissaient pas comme espéré par les chercheurs, ont conduit à l'abandon du programme national Éthanol. Grâce à la définition de modèles globaux de production, que Miettinen qualifie d'objets théoriques et cognitifs, représentés sous forme de schémas-modèles graphiques et dont il propose plusieurs reproductions, le laboratoire finlandais sut une nouvelle fois s'adapter. Le modèle d'utilisation totale du bois dans le processus de production, fondateur de ce que nous nommons aujourd'hui la bioraffinerie, a notamment permis au collectif du VTT-BIO de persévérer dans la conduite de ses recherches enzymatiques, en se réorientant vers le domaine applicatif du blanchiment biotechnologique de la pâte à papier.

Pour rendre compte de cette dynamique, Miettinen distingue deux types d'objets du travail de recherche : à l'objet de recherche – le mécanisme de dégradation enzymatique de la cellulose – qui fait sens pour les scientifiques du laboratoire et qui a perduré des années 1960 à la fin des années 1980 (et à aujourd'hui), il propose d'adjoindre la notion d'objet d'application.

Un objet d'application est un objet lié à l'objet de recherche, co-construit dans des réseaux d'innovation composés d'acteurs largement externes au labo – industriels producteurs, chercheurs et utilisateurs – et qui répond à des enjeux sociaux. Miettinen en identifie trois durant cette même période : les protéines unicellulaires, la production d'éthanol à partir du bois, et le blanchiment de la pâte à papier à l'aide d'enzymes. Pour continuer à travailler sur le même ob-

jet de recherche global, qui leur tenait à cœur, les chercheurs du VTT-BIO ont dû co-construire plusieurs objets d'applications.

Il nous semble que la confrontation des textes de Rheinberger et Miettinen est féconde pour penser la mécanique des ensembles épistémiques dans la construction de sens au sein d'un laboratoire. Ce que Rheinberger appelle système expérimental et Miettinen objet de recherche peuvent ainsi être confondus : ils représentent ce sur quoi veulent travailler les chercheurs d'un même collectif, et qu'ils valorisent. Les deux auteurs s'accordent aussi sur la nécessité, pour les acteurs, d'opérer continuellement des déplacements pour maintenir ce cœur de métier actif et productif. Mais ils divergent grandement dans la définition de l'espace où prennent lieu ces transformations : interne au laboratoire et situé dans la pratique expérimentale pour Rheinberger, hors du labo et construit dans des réseaux d'innovation pour Miettinen.

La distinction entre objet de recherche et objet d'application recouvre celle que nous avons à l'esprit en distinguant le système expérimental d'un laboratoire (pour notre laboratoire de Narbonne, la digestion anaérobie) du domaine de recherche au prisme duquel il se représente au monde. Comme Reijo Miettinen, nous pensons que cette dichotomie est féconde pour comprendre la mécanique de production épistémique mise en place par un collectif. Si le système expérimental et le domaine de recherche d'un laboratoire évoluent tous deux, leurs temporalités sont différentes. Ainsi, la pluralité des domaines auxquels le système expérimental du LBE s'est appliqué – recherche viticole et œnologique, traitements des effluents et des vinasses, dépollution des eaux usées, traitement des déchets, bioénergie, production de biocarburants à partir de micro-algues, biohydrogène, etc. – reflète des investissements successifs visant à prolonger la productivité de leur système expérimental. Un champ de recherche se tarit périodiquement et pour que les compétences, savoirs et pratiques spécialisées d'un collectif continuent à valoir quelque chose scientifiquement, il est essentiel d'opérer ces inscriptions dans des domaines de recherche émergents.

Mais ces catégories doivent selon nous être étudiées dans la pratique du travail scientifique, et non comme le font Miettinen (1998) et Saari et Miettinen (2001) ou encore M. Hubert (2007), en quittant le laboratoire pour comprendre, dans des réseaux d'activité, la constitution parallèle d'objets d'application. Nous avons eu à cœur tout au long de ce chapitre d'expliquer ces inscriptions successives dans des domaines de recherche à travers la notion de métamorphoses d'un laboratoire et donc des mutations du travail scientifique en son sein même. C'est dans l'interrelation vécue à cette échelle que nous situons la mécanique des corps épistémiques, c'est-à-dire à la fois la production de faits scientifiques et la construction de leur valeur.

3.3.3 L'engagement à construire la valeur scientifique produite

En engageant leur laboratoire dans de nouveaux projets, les membres du LBE sont soucieux de maintenir la cohérence de leurs activités et trajectoires de recherche. Comment comprendre leur investissement collectif et sa persévérance alors même que le cadre dans lequel ces ac-

tivités prennent place est contraint à se transformer continuellement en fonction de nouveaux problèmes et enjeux sociaux ?

Howard Becker (1960) propose de penser, au niveau de l'individu comme d'un collectif, l'engagement présent comme produit d'une grande diversité d'actions antérieures et souvent déconnectées, qu'il traite *ex post* comme autant de paris subsidiaires. Ces paris subsidiaires engagent dans la mesure où ils conditionnent chaque décision, une fois reconnus comme tels. Le concept de ligne d'action cohérente explique à la fois l'engagement comme un état – l'individu ou le groupe est engagé par ses précédentes actions – et comme un processus – il s'engage en construisant une activité cohérente. Comme le rappelle Becker, parler d'engagement nécessite d'expliquer la cohérence et la persistance d'une activité ou d'un comportement alors même que les prises de position semblent évoluer jusqu'à parfois se contredire.

Si nous limitons notre utilisation de [la notion] d'engagement aux cas où l'individu a délibérément fait des paris subsidiaires, nous ne pourrions que rarement l'intégrer à nos analyses des phénomènes sociaux. Ce qui nous intéresse, c'est son utilisation possible pour rendre compte des situations où l'engagement d'un individu dans une organisation sociale a en fait engendré des paris subsidiaires à sa place, imposant ainsi une contrainte à ses activités futures.

Becker (ibid., p. 36), traduction C. Debras et A. Perdoncin

Un laboratoire voisin du LBE du sud de la France, qui forma nombre de ses permanents et est non moins reconnu dans le champ des bioénergies, a vécu de tels revirements :

Directeur — Dans les années 1970-1980 ils avaient utilisé une souche pour faire du steak de pétrole : à partir du pétrole faire des protéines. Et donc ils l'ont breveté, et maintenant ils réutilisent la même souche pour, à partir de déchets, faire du carburant. C'est marrant. Avant, ils étaient en contact avec – on va dire – des nutritionnistes et maintenant ils sont en contact avec Total !²⁹

Tenir une ligne d'action cohérente a permis au LBE de persévérer dans ses recherches, en périodes de crise et de vaches maigres.

Directeur — Pourquoi on fait de l'innovation, moi, je crois pour 3 raisons : premièrement, on est sur un même lieu avec des compétences différentes, donc il y a proximité géographique et proximité de thèmes de recherche, mais différences de points de vue et différences de compétences. La deuxième raison c'est que pendant longtemps, c'est ce que je disais tout à l'heure, la digestion anaérobie n'avait pas le vent en poupe donc on a pu travailler tranquilles, sans forcément être guidés par un industriel.

Enquêteur — Ce n'est pas évident ça, de continuer sans avoir le vent en poupe ? Les gens qui ont travaillé sur la lignocellulose dans les années 1980, beaucoup ont dû arrêter. . .

Directeur — Oui, mais les déchets, il faut les traiter. Il y a un corps de métier pas énergétique.

Enquêteur — Et la troisième raison ?

Directeur — On croit dans ce qu'on fait. Il y a la motivation derrière, personnelle quelque part. Moi, j'aurais du mal à travailler pour le nucléaire ou pour l'armement. C'est une motivation, je pense que c'est un peu partagé par tout le monde, enfin tous ceux que tu as dû rencontrer : on ne va pas sauver le monde, mais on ne cherche pas à le détruire. . .

L'engagement selon Becker, c'est cela : une notion permettant d'analyser dans un même mouvement les investissements passés (le répertoire de compétences variées au sein du laboratoire),

29. Sauf indication contraire, les extraits mobilisés dans cette section sont issus d'un *Entretien avec le directeur du laboratoire LBE de l'INRA et un chercheur en ACV*, 23 mar. 2009

la persistance d'une ligne d'action (le corps de métier résistant aux aléas) et ce que l'on nomme traditionnellement engagement personnel ou militant. Nous proposons d'utiliser cette notion pour comprendre la mobilisation d'un collectif autour d'ensembles identifiés de savoirs au laboratoire. Nous pouvons alors reformuler l'argumentation développée dans la section précédente, en ces termes : une ligne d'action cohérente de recherche se construit en maintenant un système expérimental productif, c'est-à-dire à travers des engagements successifs dans des domaines de recherche divers et parfois décorrélés, qui constituent son sentier de dépendance.

Les chercheurs ne contrôlent pas tout et restent soumis à des évolutions externes, contextuelles, sur lesquelles ils n'ont pas prise, qui engendrent une rupture pour l'activité scientifique et qui ne peuvent refaire cohérence qu'en étant réinvesties selon la ligne d'action définie. Le cours des énergies fossiles par exemple, mais aussi un arrêté du ministère des Finances³⁰, peuvent ainsi jouer un rôle déclencheur et prendre une dimension inédite dans la pratique scientifique quotidienne :

Directeur — Nous, notre vie, en tant que chercheurs hein, notre vie a changé le jour où, le 10 juillet 2006, le prix du kilowatt/heure racheté à partir du biogaz a augmenté. Les industriels ont été... déjà que leurs demandes étaient fortes avant, elles sont devenues encore plus fortes. Après il y a le prix du pétrole, qui fait que la conscience collective...

Chercheur en ACV — Enfin il y a le mètre cube de gaz aussi. Pour un industriel, la solution la plus économique s'il a besoin de chaleur sur son usine, c'est pas l'électricité : c'est de récupérer son biogaz et de chauffer avec, c'est vraiment... Il n'y a plus de nettoyage, il n'y a pas de problème de stockage... Il y a quand même beaucoup de choses qui sautent. C'est vrai qu'avec le prix du gaz, du mètre cube de gaz qui monte, il augmente son indépendance énergétique.

Directeur — Et il y a l'image sociale qui joue. T'en parleras demain avec Olivier³¹, mais tout ce qui est microalgues, l'image sociale des microalgues ça fait un boum, voilà...

Becker insiste sur la nécessité d'une analyse des systèmes de valeurs pour comprendre comment l'acteur investit dans sa ligne d'action ce qu'il a engagé dans le passé. L'enjeu primordial pour un collectif de recherche est de faire reconnaître la valeur de ses productions. Dans le cas du LBE, le capital « impur » de la digestion anaérobie a connu une importante valorisation dans le champ des bioénergies, au regard du désintérêt dont il faisait l'objet dans celui du traitement des eaux :

Enquêteur — Est-ce qu'il y a eu un moment où on vous a fermé la porte, dans le domaine des bioénergies ?

Directeur — Il n'y a pas eu de... enfin moi je n'ai pas ressenti de blocage, et je dirai même au contraire, pour nous ça a débloqué pas mal de choses. Parce qu'il faut voir une chose : c'est que quand tu fais du traitement des eaux, le réflexe c'est de faire de l'aérobie et l'anaérobie c'est des choses qui ont une image de marque qui est « ça marche pas, ça sert à rien, c'est lent, c'est fragile... » voilà. Et on n'a pas du tout rencontré d'écho négatif de ce niveau quand on était aux bioénergies. Des fois c'était assez marrant quand on faisait des papiers, dans une conf., sur une thématique, moi j'étais sur tout ce qui tournait autour des maths pour le traitement des eaux, je pouvais faire des choses très bien en maths, mais c'était digestion anaérobie et donc ça n'intéressait pas les gens, tant que c'était pas aérobie... L'image de marque c'était : « c'est

30. Arrêté du 10 juillet 2006 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations qui valorisent le biogaz

31. Chercheur de l'INRIA à Sophia-Antipolis

inutile, parce qu'il n'y a pas le marché, et puis c'est pas le domaine d'application des gens ». Alors que le biogaz, bioénergies, oui, ça permet d'avoir quelque part une longueur d'avance.

Les acteurs des métamorphoses de leur labo, qui les inscrivent dans un domaine porteur, amorcent donc un processus similaire à celui que décrit Timothy Lenoir (1997) lorsqu'il veut rendre compte des modes de production de disciplines scientifiques :

Retracer les frontières d'un champ, légitimer et consacrer de nouvelles combinaisons d'atouts avec du prestige culturel et de l'autorité, revaloriser une forme de capital auparavant considérée « impure », et sécuriser cette valorisation à travers une structure institutionnalisée.

Lenoir (*ibid.*, p. 12), notre traduction

Ce processus de valorisation est par essence relationnel, les jugements de valeur constituant un système. L'inscription successive du LBE dans des domaines de recherche implique une redéfinition de la place du laboratoire dans la hiérarchie de ses tutelles, mais aussi par rapport à ses partenaires industriels et de recherche. Le directeur lui-même invoque la reconfiguration de la position du laboratoire dans la « chaîne organisationnelle » :

Directeur — C'est assez rigolo. Avant on était dans un autre département [de l'INRA] qui s'appelait à l'époque TPV : Transformation des Produits Végétaux, qui s'appelle maintenant CEPIA. Dans ce cadre-là, on était la fin de chaîne. Il faut imaginer une usine agroalimentaire et puis la station de traitement elle était à la fin, donc là il y avait un lien assez direct puisqu'on partageait leurs produits. Ensuite, on est devenu [membre du département] Environnement & Agronomie, là on devenait le début de la chaîne, par nos produits, le digestat : il y avait un retour au sol, avec une valeur agronomique, *etc.* Mais on était toujours vus comme des plombiers de la science.

L'émergence de ce nouveau domaine de recherche reconfigure le rapport du LBE aux autres laboratoires de spécialité différente en même temps qu'elle réévalue la valeur scientifique de ses résultats et de ses produits et repositionne les diverses communautés impliquées dans le domaine. Le laboratoire crée de nouvelles collaborations et en abandonne d'autres. Se faire traiter de plombier peut devenir un objet de fierté, « ne pas savoir ce qu'est une poubelle », une tare :

Directeur — Je vais donner mon point de vue, qui est personnel. Il y a deux communautés, si jamais j'avais à classer ça. Sur l'aspect bioénergies à partir d'actions de microorganismes. Il y a les communautés des gens qui font de la culture pure, qui travaillent avec un seul microorganisme tout seul en milieu stérile et puis voilà, donc ça, ça peut aller jusqu'à Futuro³², ceux qui travaillent là-dedans, et puis il y a les... on nous a traités une fois de plombiers, les gens qui travaillent dans ce qu'on appelle les cultures mixtes. Donc c'est plusieurs dizaines, centaines, milliers d'espèces qui vont être travaillées ensemble, ce sont des écosystèmes naturels. Alors ça c'est plutôt des gens de la dépollution qui se sont mis aux bioénergies, les autres c'est plutôt des gens de la pharmacie ou de l'agroalimentaire qui se mettent aux bioénergies parce qu'il y a des financements là-dedans. Mais il y a ces deux communautés. Après il y a des actions transversales [...], mais c'est vrai qu'il y a peu de projets mariant des gens des cultures mixtes et cultures pures. Le BIP³³ par exemple travaille avec nous, ça fait deux projets : un PNRB³⁴

32. Projet de démonstrateur de recherche industriel en Picardie

33. Laboratoire Bioénergétique et Ingénierie des Protéines de Marseille, UMR CNRS-Université Aix-Marseille

34. Programme National de Recherche sur les Bioénergies coordonné par l'ADEME et l'ANR, 2005-2008

et un Bioénergies³⁵. Ils savaient pas ce que c'était une poubelle, ils n'avaient jamais travaillé sur un déchet. Et ils s'y mettent.

Lors de notre séjour au LBE, une enzyme produite par un laboratoire partenaire, mais appartenant au monde « des cultures pures » a été qualifiée de « bête de labo ». Cette formule, par son caractère oxymorique, résume l'opposition de deux cultures épistémiques : elle exprime autant la puissance de l'action d'un microorganisme dans un environnement où tous les paramètres sont contrôlés, qu'elle suggère une viabilité faible en conditions industrielles, voire dans un réacteur les simulant. En évoquant les collaborations avec le laboratoire BIP de Marseille, « des gens du pur », des chercheurs seniors soulignent les grandes difficultés de compréhension et communication, notamment, mais non exclusivement pour les plus jeunes membres du labo. Le directeur souligne : « comme entre nous aux débuts du LBE ! ».

Ces rapprochements nouveaux se font au détriment d'anciennes collaborations : « Je ne sais pas comment on va maintenir le lien avec des gens qui sont “matériel génétique”. », s'interroge par exemple un chercheur. « Pas grave si on perd le lien avec eux ! » rétorque le directeur. Car dans ces interrelations, les évolutions des domaines de chacun sont scrutées. Quand des microbiologistes du laboratoire choisissent de ne pas emprunter la voie du « tout génome », ils justifient leur décision auprès du collectif de laboratoire par une comparaison des taux d'évolutions des capacités de séquençage dans le domaine de la génétique et des capacités de stockage dans le domaine informatique. À moyen terme, séquencer systématiquement, quitte à jeter ensuite les chaînes obtenues – ce qui ne nécessite pas de collaboration avec les gens du génome – deviendrait plus rentable que de négocier des accords avec les firmes et laboratoires propriétaires d'importantes bases de données génétiques sur les microorganismes qu'ils étudient.

Conclusion

Dans la dernière partie de ce chapitre, nous avons insisté sur la nécessité de penser le laboratoire comme une entité par essence dynamique, et cherché à identifier le moteur de ses métamorphoses. Un collectif de recherche se représente à lui-même non seulement à travers son histoire, ses mutations, mais aussi par la manière dont il les réinvestit au prisme de nouveaux projets. L'analyse des différents ensembles de savoirs et pratiques se côtoyant ou concourant au sein du labo montre que seul le système expérimental, c'est-à-dire le dispositif matériel, instrumental et tous les savoirs y référant, fait sens pour des chercheurs en quête d'identité collective. Mais nous avons mis au jour une mécanique épistémique, interne à l'espace du laboratoire, qui repose sur un autre ensemble cognitif : l'affiliation successive à des domaines de recherche joue un rôle essentiel au cœur même de la production scientifique des faits ; cet investissement constitue le moyen de maintenir productif un système expérimental, en mettant systématiquement ses instruments aux prises avec des usages déplacés, bricolés. Il est aussi la condition *sine qua non*

35. Programme national de recherche Bioénergies coordonné par l'ANR, 2009-2011

d'une valorisation de la production scientifique collective, au sein d'un système relationnel de définition de la valeur scientifique où chaque laboratoire réévalue constamment l'intérêt, pour son activité, des liens qu'il entretient avec d'autres communautés, de recherche, industrielles, ou du monde social en général.

Les métamorphoses du Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement constituent à l'évidence un cas singulier, par la richesse de son histoire et la variété des recherches que ses chercheurs engagèrent au fil du temps, mais aussi sans doute par la réflexivité (identifiée lors d'entretiens exploratoires) dont font preuve au quotidien les acteurs de ces reconfigurations : c'est pourquoi le LBE est un lieu approprié à la conduite d'une ethnographie de laboratoire en transformation. La situation géographique isolée de la ville de Narbonne par rapport au monde de la recherche universitaire, notamment la distance qui la sépare de Montpellier, a joué un rôle crucial dans la longévité de ce laboratoire, qui ne pouvait que s'adapter ou disparaître. Mais les mécanismes que nous avons mis au jour décrivent l'activité des collectifs de laboratoire et leurs mutations au-delà des cas, sans doute assez rares, où une même entité organisationnelle renaît perpétuellement de ses cendres. Les scissions et fusions d'unités de recherche, ou de parties d'entre elles, à propos desquelles l'étude scientométrique par projets que nous avons conduite dans le chapitre précédent montre qu'elles furent très nombreuses au cours des deux dernières décennies en France, constituent une autre manifestation des mêmes logiques. Notre travail vient donc compléter, et ambitionne par certains aspects d'inclure dans son analyse celle que Vinck et Zarama (2007) portent sur les fusions de laboratoire, et selon laquelle :

Le laboratoire est une construction sociale temporaire. Il est composé d'éléments sociotechniques, parfois préexistants et durables ou remodelés, parfois évanescents ou émergents. Il est *une forme sociotechnique en transformation* ; la fusion rend particulièrement manifeste cette transformation mais rien ne dit que le laboratoire soit nécessairement stable en dehors de ce phénomène singulier.

Vinck et Zarama (ibid., p. 274)

Dans cette même perspective dynamique, nous avons cherché à décrire les mécanismes de production de faits scientifiques nouveaux au laboratoire, à plusieurs niveaux. À l'échelle de l'expérience et de son analyse, nous avons montré que l'émergence de problèmes intéressants et traitables était conditionnée à la fois par une prise de risques dans la conception des protocoles, propice à la rencontre de résistances inattendues ; par l'agencement du laboratoire en tant que structure sociale organisée et insérée dans des réseaux plus larges, permettant l'appréhension de ces résultats singuliers ; mais aussi par le travail collectif de circonscription du rôle du hasard expérimental dans le déroulé des manipulations et interprétations, qui permet d'identifier et invite à reproduire un mécanisme épistémique fécond. Cette analyse réflexive conduite par les chercheurs eux-mêmes constitue d'ailleurs un exemple réussi d'étude des sciences et des techniques appliquée.

Elle participe aux processus d'articulations qu'opère un collectif de laboratoire pour assurer

son existence en tant que dispositif qui permet à chacun de créer et traiter des problèmes intéressants et reconnus comme tels. Nous en avons identifié trois principaux autres : le travail à la fois scientifique et gestionnaire du directeur, le mode spécifique de dialogue scientifique visant à la compréhension réciproque des sous-ensembles du labo, ainsi que l'engagement dans la transformation conjointe d'objets et d'équipes de recherche qui s'organisent autour d'eux. Ces moments de la vie scientifique au laboratoire sont autant organisationnels qu'intrinsèquement scientifiques puisqu'ils contribuent pleinement à la production de faits originaux.

Enfin, nous nous sommes attelés à penser les métamorphoses d'un laboratoire à partir des transformations des ensembles de savoirs et pratiques qui s'y logent et le définissent. La participation à des domaines de recherche émergents constitue un moteur essentiel, mais non-identificateur pour les membres du laboratoire, de ses mutations. Elle permet en même temps la production collective de faits scientifiques nouveaux et la valorisation de ceux-ci dans un système relationnel transformé, mais ne s'accompagne pas de la création d'une culture en conséquence. Si l'affiliation à un domaine de recherche joue un rôle épistémique essentiel à l'échelle du laboratoire pour que le collectif de recherche continue, dans la durée, à produire des faits scientifiques au fil de ses métamorphoses, c'est à une autre échelle qu'il faut chercher le sens de cet engagement. Pourquoi des individus choisissent-ils de s'investir dans un domaine émergent ? Qui sont-ils et surtout, que partagent-ils ?

Chapitre 4

Conversions de chercheurs : trajectoires sociales et réflexivités

J'étais dans une période où c'était la recherche fondamentale *über alles* et la technologie, c'était de la merde, *grosso modo*. J'ai commencé en 1966, et en 1966, travailler avec l'industrie, c'était plus que pécher : c'était vraiment un péché mortel. Moi, je suis issu de milieu... J'ai commencé à travailler à 14 ans. Je ne raconte pas ça pour... Ça explique certaines choses. J'ai été maçon dans ma vie, pendant quatre ans ; pas franc-maçon hein, maçon ! [rires] Je suis issu de milieu immigré : italien par ma mère et de la montagne, d'Andorre par mon père. Donc, habitué quand même à... Le luxe c'est pas... La facilité, ce n'est pas mon truc et puis justement : il y avait à montrer qu'on valait les autres, quoi. Le problème des beurs maintenant, c'est le problème des Espagnols et des Ritals de l'époque. J'ai eu la chance d'être le pauvre d'un quartier riche bourgeois, simplement parce que mon père était chauffeur dans une entreprise. Il était hébergé comme magasinier et chauffeur ; [...] je me suis retrouvé dans le quartier bourge de Béziers et j'ai des copains qui étaient bourgeois. C'était encore une stimulation... Mais ça pose le problème du chercheur.

« Le chercheur, il doit être libre ». Et putain, il doit être libre, oui, il est libre et c'est une bonne chose qu'il soit libre, mais c'est le problème de l'équilibre entre les droits et les devoirs. Il y a le droit à la liberté et le devoir de restituer à la société la liberté qu'on te donne. Il ne faut pas niquer la société en étant libre, en ayant une recherche d'extroversion où on fait le beau à droite et à gauche, et on ne respecte pas les principes de propriété industrielle ou de fixation d'emploi chez soi, c'est-à-dire dans notre pays. C'est presque du nationalisme économique, mais je pense qu'on ne peut pas demander... Ce ne sont pas les riches qui paient le plus d'impôts. On ne peut pas demander aux gens de payer des impôts et puis après dire... C'est vrai que c'est facile, en étant chercheur, de s'en foutre totalement, de dire : « j'ai droit à la liberté » et de ne pas penser à cette récurrence que la recherche, surtout si elle est fondamentale, elle ne doit pas niquer deux fois le citoyen. C'est-à-dire, la première fois, elle te paye pour être libre, et la deuxième fois, elle va payer des *royalties* parce qu'une nation technologique va reprendre tes travaux et puis va faire des produits, des biens et des services et va te les faire repayer. Moi, si tu veux, d'entrée de jeu, ça a été ça ma perception de la citoyenneté du chercheur. Je veux être libre, et puis Coluche en atteste [il désigne un poster sur la porte d'entrée de son bureau], mais par contre, j'ai des devoirs.¹

Par cette déclaration spontanée, préalable à notre entretien, un professeur reconnu dans le monde des bioénergies et des biotechnologies en général, associe dans un même mouvement volubile son parcours biographique et professionnel, et ses visions économique et sociale de l'activité de recherche au sein d'une société, en forgeant le concept de « citoyenneté du cher-

1. Entretien avec un professeur émérite en bioingénierie à l'INSA, 25 mar. 2011

cheur ». Ses culture et politique scientifiques, qui consistent à privilégier la fixation industrielle nationale, que ce soit par le nombre d'emplois créé par chercheur recruté (indicateur qu'il promeut) ou par l'importance accordée au contrôle de la propriété industrielle, sont par lui intimement liées au fait d'avoir été fils d'immigrés, maçon pendant quatre ans, d'avoir obtenu un CAP de tourneur fraiseur, travaillé sur des fermenteurs, et, une fois fonctionnaire payé et financé par l'État pour chercher et enseigner au sein d'une école d'ingénieurs, de restituer son dû à la société, car « ce ne sont pas les riches qui paient le plus d'impôts ».

Cette mise en avant d'un parcours social et scientifique présenté et revendiqué comme atypique², diversifié et fortement ascendant en tout cas, nous l'avons rencontrée à de nombreuses reprises au cours de la soixantaine d'entretiens que nous avons conduits avec des chercheurs, ingénieurs ou *managers* de la recherche dans le monde des bioénergies en France et en Europe. Celle-ci s'accompagnait toujours d'affirmations quant à la maîtrise de savoirs, techniques et pratiques singuliers, et était mobilisée pour fonder des discours épistémologiques. Ces occurrences nous ont conduit à formuler la première hypothèse suivante : l'émergence ou le développement de certains domaines de recherche est vécue comme l'ouverture d'un espace de promotions scientifique et sociale accrues.

Si un collectif de laboratoire se métamorphose périodiquement en phase avec l'émergence d'un domaine de recherche prometteur, ce qui lui permet de rendre à nouveau fécond un système expérimental devenu routinier (cf. chap. 3), chacun de ses membres cherche aussi, individuellement, à valoriser et faire reconnaître ses compétences techniques propres, et les perspectives scientifiquement innovantes qu'elles (lui) ouvrent. Et l'engagement dans un nouveau domaine de recherche – entendu comme la participation à la création et reconnaissance de celui-ci, l'assimilation d'une thématique à ce corps épistémique qui s'en trouve transformé, ou juste l'agrégation de nouveaux entrants à un ensemble déjà institué – constitue donc un moment de vie marquant. Pour Thomas F. Gieryn (1978), « un scientifique fait rarement des choix de carrière aussi lourds de conséquences ». La mécanique littéraire du soixante-deuxième chapitre de *La Vie mode d'emploi* de Georges Perec, présenté en *incipit*, reposait précisément sur les conséquences de l'attachement d'un chimiste, Wehsal, au domaine de recherche sur les carburants synthétiques ; c'est dans l'entrecroisement des fortunes sociales de cette thématique et celles du pathétique chercheur, que le matériau biographique prend toute son ampleur narrative.

La maîtrise et l'emploi de compétences techniques rares dans le cadre de la recherche, mais aussi l'art de valoriser leur mobilisation, au quotidien de la pratique scientifique et dans les discours, jouent un rôle central dans la constitution d'une trajectoire professionnelle et sociale, l'analyse réflexive de ses dynamiques, et la construction *a posteriori* de sa cohérence. Cette expérience nécessairement individuelle, difficilement quantifiable, ne constitue pas le sujet de conversations au sein des espaces d'échanges sur les bioénergies que nous avons pu observer

2. Qui l'est sans doute, mais un cruel manque de statistiques générales sur les trajectoires professionnelles et sociales des différents personnels de la recherche nous contraint à poser cette singularité comme hypothèse.

(visites de laboratoires et entreprises, nombreux colloques nationaux et internationaux, réunions prospectives, restitutions de programmes de recherche). Ce sont les entretiens semi-directifs, par le truchement d'une question liminaire aussi simple que celle consistant à interroger le parcours des interviewés³, qui ont permis de recueillir ces témoignages. Ils ont nourri une seconde hypothèse : un domaine aussi hétérogène que celui des bioénergies, par la variété des disciplines et spécialités qu'il mobilise (cf. chap. 2), réunit des individus qui partagent, souvent implicitement, des formes de parcours, valeurs et cultures épistémiques. Ces individus voient notamment dans ce domaine l'opportunité, à travers la valorisation de pratiques, compétences et cultures techniques, de renverser des logiques de démarcation et domination traditionnelles, entre chercheurs et techniciens notamment. Ils l'expriment au travers de discours réflexifs, qui suscitent chez le sociologue une immédiate adhésion que nous devons interroger, notamment lorsque ces revendications visant à la légitimation de pratiques d'ingénieurs, techniciens, employés ou collaborateurs proches de l'industrie, mobilisent les acquis de la sociologie des sciences et de l'innovation – qu'à notre surprise certains connaissent et citent allégrement – à leurs fins.

4.1 Une profusion de parcours « atypiques »

Concentrée sur l'univers interne du monde de la recherche, la littérature sur les spécialités scientifiques, dont nous avons rendu compte en détails en introduction de cette thèse (cf. p. 24), a pris pour objet la mobilité professionnelle entre ces cadres de connaissances à la fois organisationnels et cognitifs, pas des trajectoires sociales plus larges incluant l'entrée dans le champ de la recherche. Dans la mise en exergue de parcours autodéclarés « atypiques », c'est pourtant la question même de la démarcation entre science et non-science qui se pose : parler d'« atypicité » des trajectoires traduit de fait la surprise, couplée à une difficulté, à (faire) reconnaître comme scientifique un ensemble de pratiques, savoirs et questions d'ordinaire dévolus à des corps de métier autres, et bien moins prestigieux, que ceux qui forment le monde de la recherche. Ainsi, si chacune des trajectoires d'acteurs du domaine des bioénergies, que nous allons présenter au cours de cette section, paraît effectivement singulière car surprenante, peu probable au regard des vécus et des études sociologiques sur la mobilité sociale, leur « atypicité » et la mise en exergue de cette caractérisation constituent précisément une expérience partagée.

4.1.1 L'expertise du technicien et son ascension sociale

Paris-Gare-de-Lyon. Restaurant le Train Bleu

Le rendez-vous proposé en matinée dans ce lieu calme pour un entretien autour d'une boisson, idéalement situé pour que mon interlocuteur puisse attraper son train retour, a été décalé sur sa demande à l'heure du déjeuner. Le menu premier prix coûtant près de 60 euros, je me

3. Sans indication sur le point d'origine de leur récit autobiographique, laissant ainsi à chacun le soin de juger jusqu'où remonter dans le temps fait sens pour qualifier l'engagement dans leur activité présente.

demande naïvement si mon interviewé a une idée des prix pratiqués et, plus inquiétant pour moi, si je suis tenu de l'inviter. J'en dors mal. Le lendemain midi, il dissipe mes interrogations silencieuses en choisissant un menu plus cher, ayant déjà eu l'occasion de goûter au cours des dernières semaines, m'explique-t-il, à celui moins onéreux pour lequel j'opte. À quelques tables de la nôtre un célèbre acteur de théâtre, gargantuesque, occupe à lui seul une banquette entière ; dans ce restaurant pourtant plein, le vide s'est fait autour de lui. En réponse à une question sur son parcours professionnel, le discours de mon interlocuteur résonne singulièrement dans ce cadre 1900, alors qu'il goûte le Pessac-Léognan apporté par le sommelier :

Je crois que... j'ai toujours voulu être chercheur, depuis le lycée. C'est quelque chose qui m'a toujours intéressé. Avec le recul, je me dis que j'aurais été peut-être mieux avisé de m'intéresser à la finance : je serais surtout plus riche aujourd'hui. Les études dans les écoles de commerce paient très très bien. Quand on a 18 ans, on est passionné : on ne réfléchit pas à ce genre de choses. [...] Mais j'ai eu des soucis familiaux, mes parents ne pouvaient pas financer des études longues. Après le bac, j'étais admissible en prépa et même prépa intégrée... J'étais admissible aux INSA, mais je n'y suis pas allé, parce que mes parents ne voulaient pas financer... Donc, j'ai fait un BTS. Et j'ai trouvé du travail à l'issue de ce BTS, tout de suite. Un poste m'avait été proposé par un laboratoire d'analyse médicale à Bastia, sur recommandation du lycée, avant même que j'ai mon diplôme. [...] J'ai découvert le travail à ce moment-là, et au début c'était très intéressant : parce que je découvrais, dans un grand laboratoire qui faisait plusieurs centaines d'analyses par jour. C'était vraiment un très gros labo. Je m'amusais comme un petit fou dans ce milieu. Un milieu qui, en plus, était très féminin. Il y avait les infirmières qui faisaient les prélèvements et les secrétaires au rez-de-chaussée, et les techniciennes avec moi au premier étage : j'étais bien entouré.⁴

De technicien dans un laboratoire d'analyses médicales, titulaire d'un BTS, il était devenu directeur de recherche au CNRS en biologie, après un post-doc effectué à Columbia University ; quelques semaines plus tard, il sera nommé responsable du nouveau programme sur les bioénergies (et biomatières) à l'ANR. L'endroit même où nous nous trouvions confirmait sa réussite professionnelle et sociale, et même si un parcours « dans la finance » l'eût certainement conduit dans des cadres plus luxueux encore pour un déjeuner professionnel comportant somme toute très peu d'enjeux pour lui, je me dis que l'ascension sociale que permet le monde de la recherche, dans ce cas, publique, était peut-être sous-évaluée. Encore doctorant, au bas de l'échelle professionnelle, j'eus peu de scrupules. À l'heure de l'addition, je fis certes semblant, pour la forme, de sortir ma carte bleue, mais le laissai avec soulagement régler les 180 euros du déjeuner, sur une note de frais de son groupement scientifique. Il avoua : « Ma secrétaire me grondera un peu... ».

Alors qu'il est trop facile de la négliger au nom du désintéressement mertonien des hommes de science (Merton 1973), la réussite sociale constitue indubitablement l'un des attraits de l'entrée dans l'univers scientifique. Les entrepreneurs scientifiques décrits par Steve Shapin (2008) dans son histoire « morale » de la vie scientifique, conjuguent ainsi des hédonismes liés à l'amusement et aux profits, alors que les frontières morales et les motivations individuelles ont tendance à se brouiller entre industries et universités modernes (aux États-Unis). En France, s'il

4. Entretien avec un directeur de recherche CNRS, responsable du GdR Bioénergies, puis du programme ANR Bio-Matières et Énergies, 24 mar. 2011

est de bon aloi de constater que des chercheurs du secteur public sont comparativement moins bien payés que bien des cadres en entreprise, cela ne disqualifie pas pour autant des logiques et enjeux d'ascension sociale. Moins biens lotis financièrement que certains de leurs compagnons d'études, cette comparaison ne tient que dans un environnement d'ores et déjà privilégié. À l'échelle d'une société toute entière, le métier de chercheur demeure attractif, tout particulièrement pour ceux que l'on nomme des « techniciens ». Ceux qui se sont hissés socialement jusqu'au monde de la recherche et affichent parfois encore des stigmates de leurs activités antérieures, ont à cœur de donner un sens à leur trajectoire.

Le directeur du plus grand des départements, consacré aux bioressources, d'une agence nationale finançant des recherches plutôt appliquées, qui gère l'octroi et le suivi de plus d'une centaine de millions d'euros, exprime ainsi le malaise qu'il a pu parfois ressentir face à certaines sommités participant aux comités de sélection de projets à financer, et auxquels il a volontairement toujours tu son parcours :

Je n'avais jamais fait de recherche, je me suis mis à la recherche en venant à l'agence. J'ai piloté quelques programmes de recherche, je n'y connaissais absolument rien, là aussi. J'ai bossé beaucoup pour apprendre, les collègues m'ont bien aidé. Et puis voilà... J'ai un parcours d'autodidacte, c'est comme ça que j'ai appris. Et donc, quand je suis au milieu des chercheurs au comité de pilotage, ils sont tous bardés de diplômes, tous des doctorats ; je ne la ramène pas trop. Si un jour, il y en a un qui me demande d'où je viens, je me vois mal lui dire : « oh, ben j'ai un CAP de plombier... ».⁵

Mais cette retenue ne l'empêche nullement de rétablir sa propre hiérarchie de compétences lorsqu'il fait passer des entretiens à l'embauche pour intégrer son équipe, et notamment de privilégier « sa spécialité, l'analyse économique des projets ».

Ce qui me fait rire, moi je ne dis rien, mais je vois souvent les gens qui arrivent, et la première chose qu'ils vous disent, ils étalent leurs diplômes : « Je suis docteur, ingénieur machin chose ». Ou pire, et je pense aux grandes écoles comme les ingénieurs des Mines ou Polytechnique – moi j'ai une polytechnicienne, elle est super charmante, dans l'équipe – mais d'autres, la première chose qui vient c'est : « je suis de l'École Polytechnique, de telle année », et le classement. Merci gars, je m'en fous. Quand ça commence comme ça, je veux dire... Oh la la, les pauvres. S'ils savaient qu'est-ce qu'on s'en fout, c'est terrible les gens comme ils aiment bien ça... la sociologie du chercheur des grandes écoles. Ouille ouille ouille !⁶

Ce directeur de laboratoire à l'IFREMER spécialiste des micro-algues et venu aux bioénergies par leur utilisation énergétique *via* la production de lipides, est un ancien aquaculteur. Il évoque lui aussi cette distance toujours présente dans les interactions avec certains partenaires scientifiques, mais il revendique sa singularité :

Moi, je suis aquaculteur au départ, j'ai une formation permanente. J'ai trouvé du travail dans une éclosion d'huîtres plates en Bretagne nord ; c'était mon premier boulot. Et je cultivais des micro-algues pour nourrir les huîtres. Ensuite je suis devenu biologiste moléculaire, à étudier tous les mécanismes de régulation génétiques, après j'en suis venu à utiliser cette biologie moléculaire, et je suis donc revenu aux micro-algues. [...] Je ne suis pas fou, je ne serai jamais de l'aristocratie.

5. Entretien avec le directeur du département Bioressources à l'ADEME, 7 avr. 2011

6. Entretien avec le directeur du département Bioressources à l'ADEME, 7 avr. 2011

L'ENS me regarde de haut, certains du CNRS me regardent de haut, mais ça n'est pas très grave. Chacun est à son équilibre. Je n'ai pas fait de grandes écoles comme certains, ce n'est pas très grave. Par contre, je suis vraiment de mon métier.⁷

Être vraiment de son métier : voilà le critère essentiel mis en avant dans une distinction qui, si elle mobilise des savoirs, pratiques et des positions subalternes, n'en est pas moins élitiste. Notre directeur de laboratoire revient sur les difficultés concrètes, mais aussi les avantages que confèrent ce savoir-faire expérimental du technicien.

J'ai eu mon DEA à 32 ans, mon doctorat à 37. Et mon HDR en 2005, donc à 45 ans. En fait j'ai été technicien jusqu'à 32 ans. Et j'ai travaillé 5 ans dans le privé avant de rentrer chez IFREMER. [...] Ça me donne une force extraordinaire. Si vous voulez, en fin de compte, je récolte les fruits de périodes qui ont été très dures parce que ce n'est pas facile d'être mi-cadre, mi-technicien... Il y a eu des périodes intermédiaires un petit peu bizarres. Par contre maintenant, on ne me raconte pas de salades, c'est à dire que là où les gars pensent voir arriver un prof de fac, à 24 ans je travaillais déjà dans les micro-algues, et c'est moi qui cultivais mes micro-algues à 24 ans, ce qui fait que – c'est un peu le privilège de l'âge – quand je rentre dans une salle, même à l'odeur, je sais si ça va ou pas.⁸

Pour avoir visité la partie de son laboratoire, ainsi que plusieurs autres centres de recherche dédiés à la culture de micro-algues, je peux témoigner que ce savoir-faire ne peut se résumer à déceler une mauvaise odeur, tant celles-ci imprègnent en permanence l'espace de travail.

Au-delà de la figure dominante du chercheur, le rôle singulier des ingénieurs a fait l'objet de travaux assez abondants, qui ont souligné leur contribution essentielle aux mécanismes de quantification et construction sociale de la valeur (Porter 1995, chap. 6 & 7), mais aussi mis au jour les nombreuses fractures (dans le dualisme technique/social, les hiérarchies, le genre) de ce corps aux penchants dichotomiques (Faulkner 2000), et enfin étudié en action la spécificité de leurs pratiques (Bidet et Vatin 2008 ; Vinck 2014). Les techniciens ont, quant à eux, été davantage oubliés, notamment les techniciens de laboratoire par les études des sciences et des techniques. Leur titre même indique pourtant leur fort degré de proximité avec la pratique expérimentale : leur savoir-faire fait donc légitimement l'objet de fiertés. Et la condescendance de certains chercheurs aux savoirs plus « théoriques », mais qui ne maîtrisent pas concrètement leurs instruments, constitue, à l'opposé, un profond motif de ressentiment dans cette communauté. Park Doing (2009, chap. 3), qui durant huit années a lui-même appartenu au groupe professionnel des techniciens en charge du synchrotron de Berkeley, a retranscrit et analysé de nombreux échanges portant sur ces frustrations et humiliations du quotidien.

On avait l'impression que les techniciens et les chercheurs habitaient des mondes différents. Un des techniciens me confia qu'il aimait travailler sur les services de nuit, parce que moins de chercheurs lui tournaient autour, et qu'il pouvait tranquillement configurer et lancer son expérimentation, sans avoir à s'empêtrer dans des discussions frustrantes à propos du moindre sujet. Un autre technicien, qui avait servi dans l'armée, me dit qu'à sa grande déception, il s'était rendu compte que la relation [entre chercheurs et techniciens] était similaire à celle qui existait entre officiers et hommes du rang.

Doing (ibid., p. 50), notre traduction

7. Entretien avec le directeur d'un laboratoire de biotechnologies des algues de l'IFREMER, 3 oct. 2011

8. Entretien avec le directeur d'un laboratoire de biotechnologies des algues de l'IFREMER, 3 oct. 2011

Selon Doing, le port de cette étiquette de technicien (physiquement, sur la blouse !) est vécu comme un stigmate infligé par les chercheurs, et rappelle à tout moment, à tout un chacun, le déni d'une quelconque crédibilité, ou de la moindre contribution effective à la production de connaissances au sein du laboratoire. Quand Thomas F. Gieryn (1983) mit au jour le travail continu de délimitation entre science et non-science entrepris par les scientifiques, il révéla un style rhétorique scientifique singulier, celui du faire-valoir : si le lecteur apprécie Holmes dans son contraste à Watson, le savant doit aussi sa reconnaissance au travail d'érection de frontières qu'il maintient, pour distinguer science et non-science (ibid., p. 791). Les techniciens, quant à eux, considèrent au contraire « être vraiment du métier » comme le formulait notre directeur de laboratoire de l'IFREMER, dans un mouvement similaire au plaidoyer pour une réévaluation du sens et de la valeur du travail manuel, cette *praxis* dont les finalités sont internes à l'action, que propose Matthew B. Crawford (2009) dans son *Éloge du carburateur*.

Cette mise en avant de savoirs très pratiques recouvre la catégorie de « vrai boulot », comme l'a nommée Alexandra Bidet (2010) à partir de l'étude d'un groupe de techniciens œuvrant dans le domaine de la téléphonie. Elle propose, par son emploi, de dépasser les oppositions entre plaisir et peine, les analyses hiérarchiques, de salaires, et les impasses de pensées du « sale boulot » (*dirty work*, E. C. Hughes (1971)). Les critères du « vrai boulot » ne dérivent pas d'une évaluation globale, externe. Mais au contraire d'un sens interne, liée à la constitution d'une identité, d'un style professionnel. Aussi, la méthode suivie pour ce chapitre met-elle précisément l'accent sur les trajectoires et la réflexivité des acteurs rencontrés.

En introduisant la catégorie de « vrai boulot », nous proposons une piste pour approfondir la définition par E. C. Hughes du travail comme *production normative*. Les exigences professionnelles relatives au « vrai boulot » se constituent au fil de trajectoires, à travers les moments de « félicité », où les travailleurs (ré)inventent un accord avec leur activité de travail, se frayent un milieu. Étudier les « épreuves » qui trament l'engagement actif dans le travail invite ainsi à associer davantage l'analyse du travail à une prise en compte des parcours et des histoires.

Bidet (2010, p. 132)

Revenons donc sur les épreuves au travers desquelles nos protagonistes se sont engagés simultanément dans un processus d'ascension sociale, et dans le domaine des bioénergies.

4.1.2 Les compétences du technicien et ses conditions de travail

Ce maçon à l'âge de 14 ans, détenteur d'un CAP de tourneur fraiseur devenu expert en biochimie ; l'autodidacte titulaire d'un CAP de plomberie, directeur de programme bioressources à l'ADEME ; le jeune aquaculteur, seul bac en poche, qui s'occupait de nourrir les huîtres et dirige aujourd'hui un laboratoire de recherche. Ou encore ce technicien chargé d'analyses médicales qui décide de reprendre des études, parvient à entrer au CNRS et dirige le programme bioénergies de l'autre grande agence nationale de financement de la recherche... Il est possible

d'identifier certains points communs dans la narration de leurs parcours et leur manière d'aborder l'espace scientifique au sein duquel ils évoluent à présent. La liste des métiers d'origine de ces chercheurs en bioénergie, a priori totalement déconnectés, trouve pour chacun une justification à travers le prisme de la mobilisation d'une compétence technique spécifique. Le maçon construisait par exemple déjà des fermenteurs :

J'ai commencé en faisant une thèse de pétrochimie, sur le reformage des essences et j'ai rencontré ce prof., Gilbert Durand. Quand j'étais maçon, c'était la floraison, à l'époque – je ne sais pas si tu as vu ces tours à côté des caves coopératives – de ces grandes tours : les fermenteurs Ladouce. L'entreprise où je travaillais était spécialisée dans la cuve de vinification et dans la fabrication de ces fermenteurs. Moi, ils m'avaient impressionné... « Vous avez construit des fermenteurs, vous savez doser des hydrocarbures, on va monter une option génie chimique » m'a dit Durand. Et la belle aventure a commencé. On a démarré à quatre. C'était en 1968.⁹

Au sens le plus scientifique aussi, Everett C. Hughes avait raison quand il affirmait « que les problèmes fondamentaux que les hommes rencontrent dans leur travail sont les mêmes, qu'ils travaillent dans un laboratoire illustre ou dans les cuves malpropres d'une conserverie » (E. C. Hughes 1971). Quand il le présente, le parcours du directeur de programme autodidacte semble d'ailleurs suivre une parfaite progression linéaire :

Alors, moi, j'ai fait un CAP de plombier. J'ai commencé comme ça, et puis j'ai été repéré par quelqu'un qui m'a dit que ça serait bien que je l'aide à dépanner et installer des chaudières, ce que j'ai fait : des chaudières biomasse, les premières chaudières biomasse, il y a vingt-cinq ans de cela, dans le fin fond de la Manche. Les premiers prototypes ne marchaient pas, moi, je sortais de l'école, j'étais bon à rien, j'étais plombier. On m'a dit : ça serait bien que tu te mettes sur une planche à dessiner, parce que tu vas nous dessiner les nouvelles chaudières, parce que tu as réussi à réparer celles qui étaient en panne. Bon, j'ai dessiné mes chaudières. J'ai fait du dessin, et puis après on m'a dit : ça serait bien que tu pilotes des études sur la biomasse. Ah bon ? Comme ça, je suis devenu autodidacte. J'ai travaillé treize ans en Normandie sur le développement de la biomasse en Basse-Normandie avec des études de faisabilité : je coordonnais une petite équipe d'ingénieurs.¹⁰

Nos interlocuteurs présentent chacun leur parcours, quoique atypique, comme le plus cohérent pour exercer aujourd'hui leur position. Pour cet ingénieur meunier ayant débuté dans une semoulerie industrielle avant de devenir sur le tard un ingénieur reconnu dans la transformation des céréales, y compris à des fins énergétiques, la logique de son activité demeure, mais les technologies s'affinent.

En meunerie classique, on se contente de séparer l'enveloppe du grain de blé riche en fibres, de l'amande, que l'on transforme en farine. Actuellement, on cherche à séparer plus finement les constituants des grains : protéines, amidon, lipides, fibres et même micronutriments – pour l'alimentation, la chimie ou les biocarburants.¹¹

Ces compétences techniques mobilisées dans une grande variété de domaines d'origine, et remployées en bioénergies, n'ont pas réussi à s'exprimer initialement dans le cadre de la re-

9. Entretien avec un professeur émérite en bioingénierie à l'INSA, 25 mar. 2011

10. Entretien avec le directeur du département Bioressources à l'ADEME, 7 avr. 2011

11. Pascale Mollier et Magali Sarazin (2009). « Interview du lauréat des lauriers "ingénieur" de l'INRA ». In : *INRA Magazine* 10. Oct. 2009

cherche publique. C'est systématiquement par une expérience, ou un long passage dans le secteur privé et plus spécifiquement dans l'industrie, que nombre de nos interlocuteurs parvinrent à faire reconnaître leur valeur.

J'ai travaillé une dizaine d'années à l'INRA : j'y ai fait ma thèse, ensuite j'ai été chargé de recherche... Et puis j'ai eu envie d'aller voir un petit peu ce qui se passait ailleurs et donc je suis parti dans le privé, en R&D agroalimentaire. J'ai travaillé dans l'industrie céréalière puis dans l'industrie laitière, et puis après je suis devenu patron d'un centre technique pendant trois ans, dans le domaine de la viande. Et récemment là, il y a trois ans disons, je me suis de nouveau tourné vers l'INRA, qui m'a confié une mission sur la chimie verte et les bioénergies. Mon intérêt professionnel pour ces questions-là, il a été reprovoqué par le fléchage de l'INRA. Mais bon, j'avais fait une école de chimie, donc les concepts sont évidemment les mêmes et puis j'ai travaillé dans le domaine laitier : beaucoup de fermentation, utilisation des microorganismes, réaction enzymatique etc... Il y a beaucoup beaucoup de choses en fait qu'on peut transférer du domaine agroalimentaire vers le domaine de la chimie verte.¹²

S'ajoutent donc aux compétences propres de ces techniciens, la connaissance d'un univers orienté vers la production, et ses codes. Dans un contexte, abondamment décrit et décrié, d'instauration d'un *new public management* des organismes publics de recherche, ces expériences font aussi la valeur des nouveaux entrants du domaine. Comme l'exprime le supérieur hiérarchique de notre interviewé précédent :

Il est parti dans le privé, par affinité pour le privé. Il a fait 2 ou 3 boîtes, c'est ça, 3 boîtes, et la dernière a fait faillite. Et donc, il a été rattrapé par les bretelles au niveau de l'INRA. Justement, ce qui est intéressant dans sa présence dans l'ensemble, c'est qu'il a cette compréhension du fonctionnement de l'industriel que, moi, je n'ai pas parce que je n'ai jamais vécu dans l'industrie. Je suis encore un peu stratosphérique, quelquefois. Mais lui, il les comprend parfaitement : il connaît leur vocabulaire. Mais, inversement, il les comprend tellement que, du coup, il n'est pas compris par les chercheurs.¹³

Inévitablement, des chocs culturels découlent de l'irruption de ces autodidactes et techniciens-*managers* du privé vers le public. Mais ces derniers ne regardent certainement pas ces expériences passées comme des parenthèses aculturelles. Sur le plan théorique et intellectuel aussi, elles sont porteuses de sens, de différenciations, de fiertés.

J'ai été sollicité pour m'occuper de la diversification biotech du groupe Saint-Gobain. [...] Ça amène à une dualité de vie, de vision systémique. Pour moi, ça a été le choc, parce que ça m'est arrivé à 40 ans. Si tu veux, je vénérerais le patron et je le vénère toujours parce que c'était vraiment un mec à part, ainsi que d'autres profs de fac. Mais quand je suis arrivé chez Saint-Gobain, j'ai eu deux chocs : le premier, c'est que j'avais été prof à 39 ans. Je croyais avoir mené correctement ma vie. Je me suis aperçu que la majorité des cadres, ils étaient plus jeunes que moi. C'est le problème de la confiance aux jeunes : les responsabilités doivent se prendre jeune. Le deuxième choc, c'est que je me suis aperçu que dans l'industrie, les cadres, les bons cadres étaient nettement plus culturés [*sic*] que dans l'université. [...] Dans l'industrie, tu philosophes, mais tu fais des produits, tu te casses la gueule, eh bien tu es sanctionné. Et ça, ce *feedback* de la sanction, je dirais technico-économique, c'est vraiment une ardente obligation à réfléchir proprement et à réfléchir de manière systémique, et même holistique.¹⁴

12. Entretien avec un ancien directeur de laboratoire de fractionnement de l'INRA, directeur adjoint de l'institut Carnot 3BCAR, 10 mar. 2009

13. Entretien avec le délégué scientifique Développement durable de l'INRA, directeur de l'institut Carnot 3BCAR, professeur au Collège de France (chaire annuelle), 10 fév. 2011

14. Entretien avec un professeur émérite en bioingénierie à l'INSA, 25 mar. 2011

Pourquoi alors quitter des fonctions souvent bien rémunérées et culturellement stimulantes ? Si Alexandra Bidet (2010) nous invitait à dépasser l'emploi du concept générique de sale boulot hérité de E. C. Hughes (1971), les tâches ingrates du technicien constituent cependant un repoussoir puissant. S'y ajoute l'existence d'un plafond de verre annihilant toute perspective d'évolution, sauf à sortir des sentiers battus. Les acteurs que nous avons interrogés revendiquent la cohérence et les atouts de leur parcours atypique, et tiennent en conséquence des discours bousculant les démarcations et les dominations traditionnelles comme celle existant entre chercheurs et techniciens. Mais par leur ascension sociale, ils se conforment aux conventions des mondes de la recherche, et deviennent eux-mêmes des chercheurs. La reprise d'études est un point de passage obligé pour grimper dans l'échelle scientifique. Notre futur responsable du programme bioénergies à l'ANR s'est réorienté alors qu'il était encore jeune.

Le patron du laboratoire [d'analyses médicales à Bastia] m'a proposé un poste pour m'embaucher définitivement avec un salaire qui était très très intéressant. C'était 8000 francs, on était en 1983, d'accord donc ça fait quoi... 1200-1300 euros, de 1983 ! C'était un très gros salaire... J'ai dû attendre longtemps avant d'être payé autant ! [rires] C'était vraiment très très alléchant. Et j'ai réalisé à ce moment-là que j'allais faire ça toute ma vie. Sans possibilité d'évolution. J'allais être technicien de laboratoire, et analyser du sang, etc. : je ne détaille pas parce qu'on est à table... Pendant 40 ans. Et à cette idée, je n'ai pas pu. Je n'ai pas pu rester. Donc j'ai décidé de reprendre mes études.¹⁵

Plus tardivement, son homologue des bioressources à l'ADEME a lui aussi repris les bancs de l'enseignement supérieur. La distinction entre le travail manuel du technicien du privé, et le travail intellectuel du chercheur du public ne repose pas forcément sur des différences cognitives : il s'agit plutôt bien de confort.

Bon voilà, je suis arrivé là comme ça. Je n'ai pas fait de grandes études, vous voyez. Je dis que je n'ai pas eu la chance de faire des grandes études, mais c'est de ma faute sans doute, mes parents n'étaient pas opposés à l'idée que j'en fasse... Mais je n'avais sans doute pas envie de les faire, et puis c'est quand je me suis mis à travailler un peu... J'ai trouvé que c'était un peu chiant, d'être dans une chaufferie à souder des tuyaux, finalement. J'étais mieux derrière un bureau. Et là, je me suis mis à bosser sérieusement, le soir. J'ai fait les cours de mécanique du CNAM : tout ce qui est génie mécanique et productique. Et puis j'ai fait, en cours du soir aussi, l'école supérieure de commerce : tout ce qui est gestion des entreprises, en parallèle.¹⁶

Ces chercheurs aux parcours atypiques ne se distinguent pas seulement par leur origine sociale, la mobilisation de savoirs et pratiques spécialisés, ou leur proximité avec l'univers industriel. Et leur insertion dans un domaine de recherche en développement ne peut se résumer à l'opportunité de valoriser et transformer des compétences techniques en scientifiques. Leur mode d'action se trouve aussi en phase avec le contexte d'émergence d'une activité nouvelle, où plus d'audace – et de coups – sont permis.

15. Entretien avec un directeur de recherche CNRS, responsable du GdR Bioénergies, puis du programme ANR Bio-Matières et Énergies, 24 mar. 2011

16. Entretien avec le directeur du département Bioressources à l'ADEME, 7 avr. 2011

4.1.3 Figures du technicien-artisan et du franc-tireur

Par son « portrait d'un biologiste en capitaliste sauvage », Bruno Latour (1984a) esquisse l'effigie d'un entrepreneur individualiste de la science, pariant, monnayant et produisant des connaissances selon la logique autotélique de l'accumulation. Au cours de son parcours, « Pierre Kernowicz » a refusé à plusieurs reprises les postes de technicien qu'on lui proposait : il a, à chaque fois, cherché à faire reconnaître son statut ailleurs. Malhabile expérimentalement, il ne mâche pas ces mots pour qualifier l'assujettissement de cette fonction de technicien, et le cul-de-sac professionnel qu'elle représente.

« C'est le métier le plus véreux qui existe sur terre. Au fond quand tu es technicien, qu'est-ce que tu ramasses sinon la hargne et la colère du patron quand ça ne marche pas, quand ça marche il se précipite pour donner des conférences, tu ne le vois plus ! »

Latour (ibid., p. 322), citant son interviewé

À l'inverse, pour Kernowicz, c'est l'identification d'un sujet « intéressant », et le mouvement d'une spécialité à une autre, qui sont essentiels pour augmenter et faire fructifier sa crédibilité scientifique. S'étant « taillé un domaine », il devient un petit patron et peut donc à son tour exploiter des techniciens, reproduire des cycles capitalistiques d'accumulation de crédibilité et prestige. Cette figure de l'entrepreneur scientifique s'est donc construite en opposition à, et par l'exploitation de la force de travail des techniciens. Dans le domaine des bioénergies, c'est au contraire en se fondant sur ce labeur, cet artisanat que des francs-tireurs ont construit leur crédibilité et réussite scientifiques. En bousculant parfois les règles du jeu.

Nous proposons d'analyser la distinction entre les champs scientifiques et techniques en établissant un parallèle avec l'univers de la création artistique, et plus spécifiquement au travers de l'opposition entre arts et artisanat (*crafts*) qu'étudie Howard S. Becker (1978). Pour ce dernier, la distance entre ces deux termes, maintenue par les acteurs des mondes de l'art, repose sur la pondération différenciée de trois normes esthétiques : l'utilité, le savoir-faire virtuose, et la beauté. L'artisan aura tendance à mettre l'accent sur les deux premières, quand l'artiste valorisera les deux dernières. Mais, et c'est précisément le sujet de l'article de Becker, les passerelles entre art et artisanat sont nombreuses, dans les deux sens. Des artisans-artistes émergent notamment, combinant à leur savoir-faire pratique, des jugements d'ordre purement esthétiques. En présentant ce type de trajectoires, Becker lui-même mobilise une analogie entre mondes artistiques et scientifiques.

La plupart des artistes acceptent la rigueur [des normes d'un art institutionnalisé], et se satisfont des possibilités expressives qu'offrent les formes conventionnellement acceptées. Ils sont des professionnels bien intégrés (Becker 1976), analogues aux chercheurs qui produisent de la « science normale » en périodes non-révolutionnaires (Kuhn 1962). Mais d'autres trouvent cette rigueur contraignante et oppressive. Ils sentent que, pour faire la preuve de leurs compétences, ils doivent passer tellement de temps à acquérir la sagesse et les savoir-faire traditionnels, qu'ils ne parviendront jamais à produire l'art qui les intéresse

le plus. Quelquefois, ils sentent aussi qu'ils ne seront jamais capables de surpasser le savoir et les techniques traditionnels de ceux qui sont aujourd'hui acclamés.

Becker (1978, p. 882), notre traduction

Ces opprimés, Becker (1976) les nomme des franc-tireurs (*mavericks*), en précisant bien qu'il s'agit là non pas d'une caractérisation d'un certain type d'individus, mais plutôt de la relation que ceux-ci entretiennent à un monde de l'art déjà organisé. L'ascension sociale et scientifique de techniciens franc-tireurs est ainsi favorisée par la structure de certains domaines, interdite par d'autres.

C'est assez curieux, qu'un mécanicien tourneur fraiseur se retrouve en chimie. [...] Ma vocation, c'était plutôt d'être médecin. Mais c'était inaccessible, enfin, au point de vue pognon. Alors que là, en travaillant l'été, avec le système de bourses machin-truc, bon, la structure INSA était démocratique pour l'ascenseur social et j'avoue que l'ascenseur social, à notre époque, était certainement plus facile que l'on dit.¹⁷

Cet ascenseur social s'est peut-être effectivement grippé. Une à deux décennies plus tard, si l'on se fie au travail de Jean-Paul Laurens (1992), la probabilité qu'un enfant né d'ouvriers dans les années 1960 a de décrocher un diplôme d'ingénieur dans les années 1980, est de l'ordre de 1 sur 500. En même temps, un mouvement général de valorisation des compétences, en lieu et place des savoirs, transforme l'entrée sur les marchés du travail (Paradeise 1987). Dans une économie de la qualification, les individus dépositaires d'un savoir-faire spécifique, issu d'une culture de métier, acquièrent un pouvoir de négociation. Mais l'évaluation de ces compétences se fait autant au niveau individuel, qu'au niveau d'un collectif considéré comme une totalité (Paradeise et Lichtenberger 2001).

Comment un franc-tireur aborde-t-il sa nouvelle activité? Pour Becker, il choisit un art conventionnel, canonique; il s'investit pour en modifier certaines normes, tout en continuant à se plier à de nombreuses autres. Les libertés qu'il s'autorise avec les règles du jeu peuvent néanmoins surprendre.

On n'avait qu'un demi-étage, on a grossi et on s'est trouvé emmerdé parce qu'on n'avait pas de place. Le patron [du labo], sur tous les contrats industriels qu'on avait, nous prélevait 20 à 30 %. Il les foutait de côté. Il jouait en bourse. Il plaçait, ce qui est tout à fait incroyable ! Et avec l'argent qu'il gagnait, ça faisait la cagnotte et ça a permis de construire le premier bâtiment pour 400 000 francs de l'époque, en 1977-78. [...] Plus tard, on est allé voir la Région, dirigée par Baudis. Le responsable Recherche-développement-innovation était un mec issu de l'Ordre nouveau. Moi, j'étais catalogué plutôt communiste et Durand, il est resté jusqu'en 1985 avec les socialistes au pouvoir. [...] On est donc allé voir ce conseiller en lui demandant de financer 50%. Il a dit oui, mais donnez-moi la preuve que vous avez l'autre moitié. L'autre moitié, elle avait été gagnée par le prélèvement sur contrat et le jeu en bourse de Durand, qui dans l'année 1987 est arrivé à gagner 3 millions de francs. On aurait très bien pu se partager le pognon et vivre parfaitement. Non. Donc on s'est retrouvé à mettre 7 millions.¹⁸

La prise de risques liée au placement en bourse des prélèvements sur contrats industriels, pour financer des extensions du laboratoire, constitue un exemple représentatif de ce bousculement

17. Entretien avec un professeur émérite en bioingénierie à l'INSA, 25 mar. 2011

18. Entretien avec un professeur émérite en bioingénierie à l'INSA, 25 mar. 2011

des règles du jeu par des franc-tireurs. Ce pari n'est pas un coup de dés : il symbolise l'expertise concrète des chercheurs, qui misent sur l'introduction en bourse d'entreprises de biotechnologies, dont ils sont des spécialistes internationaux. D'où la fierté quant aux montants récoltés, qui prouvent aussi leur valeur, scientifique et économique ! Nous avons conservé, dans l'extrait d'entretien précédent, le passage sur la qualification politique des interlocuteurs du laboratoire et de la région Midi-Pyrénées. Nous l'interprétons comme, non pas un aveu, mais une affirmation des concessions nécessaires au développement et à la réussite de son activité, y compris lorsque cela implique de négocier avec un conseiller d'extrême droite. Pour monter son labo, tous les coups ne sont pas permis, mais il faut jouer à tous les coups.

Il y a les labos hérités et il y a les labos montés. Il était bon que je parte, parce que peut-être qu'au niveau qu'avait atteint mon labo, je n'aurais pas été un bon gestionnaire. Je pense que j'ai été correct en croissance mais qu'en gestion stationnaire, je me serais fait chier... [...] Un DU [directeur d'unité] d'un labo hérité n'est pas le même qu'un labo monté. On est beaucoup plus brouillon, parce que tu es obligé d'être comme un chien fou. Tu cours plusieurs pistes et puis tant pis, t'as l'habitude de jouer et de ne pas gagner. Tu as une image qui est celle du taureau allemand et du taureau français, qui se baladent en Savoie. Ils voient un troupeau de vaches et le Français, il dit : « Allez, on va s'en baiser une ! », l'Allemand, il dit : « Nein, on fait un plan, on les baise toutes ! ». Et si tu veux, t'arrives pas à les baiser toutes... Mais tu essaies. Le directeur de labo monté, il fait un plan et puis il ne laisse rien passer. Enfin, tu vois, moi j'étais comme ça. Alors que dans un labo hérité, t'en baisses une, t'es content, tu as ton flux, chacun se démerde. Est-ce qu'un DU est là pour la stratégie ou est-ce qu'il est là pour la tactique ?¹⁹

Au-delà de la comparaison impliquant la reproduction bovine, le vocabulaire est martial. L'art de la tactique consiste, sur du court terme, à remporter un combat. Les traités militaires valorisent l'art de la stratégie, confiée hiérarchiquement à un échelon supérieur pour, sur le long terme, remporter la victoire. La sémantique est aussi bourdieusienne. La distinction entre le laboratoire hérité et le laboratoire monté du prolétaire « catalogué plutôt communiste » implique des façons diamétralement opposées de diriger un collectif et des opérations scientifiques, selon un régime stationnaire ou dans une lutte pour faire émerger « d'autres formes d'activité scientifique concurrentes » selon les termes de Kuhn (1962). Notre professeur émérite et ancien directeur de laboratoire met au jour une dichotomie somme toute traditionnelle opposant conservateurs et révolutionnaires, héritiers et *self-made men*. Mais au cœur de cette distinction, il place l'ennui. C'est aussi l'avis de Becker, pour qui les innovations des franc-tireurs sont souvent intégrées car elles permettent de contrer une excessive ritualisation. En accord avec son analyse intrinsèquement collective de la production artistique (Becker 1974, 1982), il note :

Comme chaque acteur impliqué sait exactement quoi faire, une œuvre [canonique] peut être créée avec un minimum de difficultés. [...] Mais une telle œuvre peut ennuyer tous les acteurs impliqués. Par définition, elle ne contiendrait rien de nouveau, d'unique [...] elle ne créerait aucune tension, n'engendrerait aucune émotion.

Becker (1982, p. 228), notre traduction

Pour lutter contre l'ennui, notre directeur n'est pas seul ; aussi a-t-il tendance à favoriser des profils saillants, aussi franc-tireurs que lui, pour le seconder et le provoquer.

19. Entretien avec un professeur émérite en bioingénierie à l'INSA, 25 mar. 2011

Il faut avoir la logique d'identifier dans les acteurs de ton labo lesquels sont les *progress motor*, ceux qui font progresser les choses de toute façon, lesquels sont les rebelles positifs et négatifs et lesquels sont les traîne-savates. [...] Tu peux tirer beaucoup plus de parti des rebelles positifs que des *progress motor*, parce que les mecs, ils te rentrent dans le lard : s'ils ont envie de faire quelque chose, ils le feront.²⁰

Parmi les quelques deux cents projets de recherche nationaux sur les bioénergies financés en France entre 1994 et 2014, et que nous avons recensés au sein d'une base de données (cf. chap. 2), une proportion de 29 % a été coordonnée par des individus mettant principalement en avant leur titre d'ingénieur, chargés d'études ou de directeur de la R&D, majoritairement au sein d'établissements publics à caractère industriel ou commercial (EPIC) ou d'entreprises. À ceux-là s'ajoutent en partie les 10 % de coordinateurs qui sont directeurs ou directeurs adjoints de structures de type PME, et qui pour beaucoup ont eux aussi suivi un cursus de technicien ou ingénieur. Cette proportion importante d'assimilés ingénieurs dans la direction de projets scientifiques, dont l'attribution dépend beaucoup de critères « académiques », fait sens dans la mesure où les bioénergies, dont l'enjeu est la transformation de biomasse végétale, déchets, huiles animales ou issues de microalgues en énergie, que ce soit par des procédés thermochimiques ou biochimiques, mobilisent des connaissances et des actes traditionnellement associés aux « sciences de l'ingénieur ». Nous avons montré qu'au-delà de la question du statut, ce sont des compétences techniques spécifiques qui sont mises en avant par certains acteurs, qui associent cette expertise à leur ascension sociale et scientifique. Ces trajectoires singulières constituent des exemples peut-être extrêmes, mais utiles pour poser des hypothèses sur les dynamiques générales d'un groupe social uni autour d'une même thématique de recherche. Howard S. Becker nous met cependant en garde :

Il ne faut pas confondre l'innovation avec le développement d'un monde de l'art. De nouveaux mondes se développent autour d'innovations – ces changements techniques, conceptuels, ou organisationnels – mais la plupart des innovations ne produisent pas de nouveaux mondes de l'art. Nous avons vu comment des franc-tireurs peuvent créer des innovations intéressantes, qui n'aboutissent qu'à des voies sans issue.

Becker (1982, p. 310), notre traduction

Il nous faut donc à présent prendre un peu de recul et nous détacher de la fascination qu'ont exercée sur nous tous ces chercheurs mettant en avant leur profil et leurs actions « atypiques », pour mieux comprendre, à l'échelle de la communauté de recherche en bioénergies, ce que partagent ses acteurs.

4.2 Les valeurs partagées d'un engagement en bioénergies

Il est difficile d'évaluer si les parcours « atypiques » dont nous avons rendu compte constituent une spécificité du domaine des bioénergies, ou de tout domaine émergent accordant une

20. Entretien avec un professeur émérite en bioingénierie à l'INSA, 25 mar. 2011

place importante à la technique. Par leur nombre et leur mode d'action, ces profils caractérisent les bioénergies, mais ne les définissent pas. Contrairement aux membres d'une même discipline, les acteurs réunis au sein d'un domaine de recherche ne partagent pas une formation et une littérature commune. Contrairement aux membres d'une spécialité scientifique, ils œuvrent aujourd'hui encore sur des projets souvent totalement déconnectés.

C'était attendu, mais notre enquête sociologique nous a permis de le constater : les acteurs de ce domaine sont *a priori* vraiment hétérogènes. Sauf sur un point, probablement pas imputable aux bioénergies en elles-mêmes mais plutôt aux sciences de l'ingénieur mobilisées en son sein : il s'agit d'un univers extrêmement masculin.²¹ Parmi les 283 chercheurs de notre base de données projets, 49 sont des femmes, soit 17 %. La proportion d'interviewées au sein de notre échantillon d'entretiens (qui, malgré toute notre attention, a tendance à surreprésenter les postes hiérarchiquement supérieurs) est semblable. L'observation de laboratoires, conférences, colloques de restitution de projets et autres espaces d'échanges, nous incite à penser que la proportion totale de femmes œuvrant au sein des bioénergies est légèrement supérieure à cette estimation, mais de peu. Selon Wendy Faulkner (2000), les ingénieurs pensent et organisent leurs activités suivant des « dualismes » : les fonctions dites techniques sont plus masculines, quand les rôles « sociaux » sont davantage dévolus à des ingénieures. Dans le domaine des bioénergies, en accord avec la domination masculine traditionnelle, ceux qui ont un droit de parole et de représentation, qui dirigent les projets, sont des individus haut placés dans la hiérarchie : majoritairement, des hommes. Les postes les plus techniques, subalternes, accueillent proportionnellement plus de femmes.

Les acteurs des bioénergies ne partagent cependant pas seulement un taux élevé de testostérone. Quels intérêts, au sens le plus strict, revêt leur engagement en bioénergies ? Assez logiquement, a émergé de nos entretiens la question de leur proximité aux deux univers qui constituent le nom même des bioénergies : celui des ressources et de la production de biomasse, et celui des ressources et de la production énergétiques.

4.2.1 Une sensibilité agricole plus qu'énergétique

Les extraits d'entretiens retranscrits dans la première partie de ce chapitre ont fait état d'un ensemble d'expériences d'acteurs, dont certains qui ont construit tout un pan de leur carrière dans le secteur agroalimentaire, et qui identifiaient une « continuité » entre le domaine alimentaire et la chimie verte en général. La mise en exergue d'un lien au monde agricole en général, et à la production de ressources essentiellement végétales en particulier, n'est pas l'apanage de ceux qui y ont effectivement travaillé. Il constitue un facteur commun à de nombreux acteurs, que ce soit par le biais de leur formation, ou à travers leur ascendance.

21. La présence progressivement de plus en plus importante de biologistes, donc issus d'une discipline usuellement mixte, rééquilibrera peut-être à terme cette inégalité.

Mon parcours ? Il est atypique. Je suis fils de paysan, arrivé à l'Agro un peu poussé.²²

Ceci n'est pas surprenant pour des employés de l'INRA, dont beaucoup d'ingénieurs agronomes ont été formés à l'INA-PG (Institut national agronomique Paris-Grignon), aujourd'hui AgroParisTech. Des acteurs *a priori* plus éloignés de ce type d'enjeux, évoluant par exemple dans le domaine des biotechnologies, ont eux aussi établi une relation spécifique avec le secteur agricole. Leur ascension sociale leur permet de réinvestir des liens établis antérieurement, dès l'enfance.

Jean-Pierre Elkabach — Toute votre vie, apparemment, vous avez vécu au contact de la terre et de la ferme. Si j'ai bien compris vos parents étaient ouvriers agricoles.

Interviewé — Oui, c'est ça, vous avez lu ça dans le *Who's Who*, non ?

Jean-Pierre Elkabach — Oh on a lu, on a lu.

Interviewé — Mes parents étaient ouvriers agricoles en effet, oui. Et j'ai un attachement... Je suis scientifique, j'ai dirigé des laboratoires du CNRS, mais je me suis passionnément attaché à l'activité agricole et aux agriculteurs. Et si je suis beaucoup impliqué avec le monde agricole, avec les coopératives qui font la transformation agricole pour faire un pôle qui maintenant est certainement un des plus importants d'Europe, c'est pour des raisons scientifiques, parce que j'ai fait de la biotechnologie, j'ai fait du génie enzymatique, mais c'est aussi pour des raisons personnelles et une volonté personnelle...

Jean-Pierre Elkabach — Une fidélité personnelle...

Interviewé — Militante ! Voilà...²³

L'attachement est aussi rural, marin : géographique. Michel Grossetti (1991) a montré, dans le cas des ingénieurs en haute technologie de la région toulousaine, que deux facteurs permettent d'expliquer des similitudes de trajectoire au sein d'un même territoire. Il s'agit tout d'abord de « l'importance décisive des phases de socialisation individuelle qui sont antérieures à la carrière professionnelle dans le choix des lieux de recherche d'emploi » – ce dont témoigne l'extrait d'entretien suivant, à propos du Sud Bretagne. C'est ensuite le développement de marchés locaux actifs qui fournit le moyen de réaliser cet engagement. Cette conjonction est en même temps idéologique. Qu'il s'agisse des conditions de vie et production paysannes, ou de méthodes alternatives pour assurer approvisionnement et sécurité alimentaires, des idées bien arrêtées motivent la participation au débat sur l'impact et l'opportunité de développer des bio-énergies.

Il y a deux étapes clefs pour moi : il y a d'abord toute mon enfance, sur les rochers découvrants de Sud Bretagne. Et puis la deuxième, c'est une sorte de rêve de 18-20 ans : c'est de faire de l'aquaculture pour nourrir. Je suis en pleine époque, en 1978, « on va faire du soja marin pour sauver le monde » ; j'étais vraiment dans cette mouvance. Donc je combinais des choses qui me plaisaient beaucoup : bord de mer... Ce sont des rêves de gamin, comme tout le monde. Un côté Commandant Cousteau. Et puis faire de l'aquaculture, qui paraissait vraiment d'avenir.²⁴

Contrairement à d'autres acteurs venus à la production de lipides en milieu marin pour produire des biocarburants, cet acteur associe à son expertise physiologique et biotechnologique des

22. Entretien avec le directeur d'un laboratoire sur les agroressources, et une ingénieure de recherche en CDD, de l'INRA, 22 sept. 2011

23. Bibliothèque Médecis, émission « Recherche et Agriculture », 26 fév. 2010

24. Entretien avec le directeur d'un laboratoire de biotechnologies des algues de l'IFREMER, 3 oct. 2011

diatomées et autres types de micro-algues bien d'autres usages, et voit dans les bioénergies une voie qui s'ouvre pour leur développement futur, parmi d'autres. Il se fait ainsi leur porte-parole au sein d'une arène nouvelle, qui n'accueille ces non-humains que selon des emplois bien définis. Tel jeune chargé de recherche au CNRS a, de même, tissé ce type de lien singulier avec l'univers de la foresterie.

Pourquoi je suis devenu chercheur en biomasse ? C'est un peu bizarre. Au départ, je voulais être artisan dans ma campagne, artisan électricien frigoriste, parce que je voulais reprendre la suite de mon père tout simplement. [...] J'ai pu faire une école en énergie, assez généraliste, et puis surtout j'ai rencontré les bonnes personnes, qui m'ont sensibilisé, qui m'ont montré l'intérêt potentiel de la biomasse. Vu que j'étais issu d'une campagne avec des bois dans le Haut-Beaujolais, je me suis dit que la biomasse ferait un bon lien entre mon terrain, mes terres et l'énergie. [...] J'ai passé un an dans les bois, à bosser dans les bois en attendant le montage de ma thèse. C'était une thèse pour GDF, au départ je voulais faire une thèse CIFRE pour travailler plutôt dans la direction technique des boîtes, sur des projets biomasse, cogénération. Puis c'est seulement sur la fin de ma thèse que j'ai travaillé avec quelqu'un du CNRS, et quand j'ai vu un peu l'ambiance qu'il y avait au CNRS et les potentialités, en termes de liberté, je me suis dit pourquoi pas, finalement, chercheur CNRS... [...] C'est vraiment une sensibilité, mes grands-parents ils sont menuisiers et charpentiers tous les deux. J'aurais pu devenir menuisier, mais ils ne m'ont pas formé. Je crois profondément à la biomasse... aussi bien d'un point de vue psychologique que comme volonté profonde.²⁵

Bien lui en a pris ! Ces attachements, cette « sensibilité » qui relèvent davantage du parcours de vie personnel que d'une formation disciplinaire ou de la manipulation d'un objet dans le cadre d'une spécialité, constituent des alliances qui peuvent profiter aux deux partis. Au-delà de ses compétences techniques et scientifiques certaines, le milieu d'origine, le parcours et même les conditions de financement et de réalisation de la thèse de ce jeune chercheur ne se conforment pas à la trajectoire type de ceux qui réussissent le très difficile concours d'entrée au CNRS. C'est aussi le fléchage d'un poste sur une thématique qui a aujourd'hui le vent en poupe, qui a permis le recrutement de cet « artisan au CNRS », comme le qualifient ses supérieurs. C'est le développement du domaine des bioénergies qui a conduit à favoriser l'expertise sensible et technique de ce jeune, aux profils plus académiques d'autres candidats.

Qu'en est-il de l'attachement des acteurs du monde des bioénergies à l'extraction, l'exploitation de ressources et la production énergétiques ? Certes, on parle plus volontiers des racines rurales de la France que de son passé énergétique, mais notre nation a cependant opéré en la matière des choix singuliers.

Nous avons montré que des organismes spécialisés dans la production énergétique ont longtemps joué un rôle important dans le développement des bioénergies en France : l'Institut Français du Pétrole, devenu IFP Énergies Nouvelles, GDF SUEZ aujourd'hui sur la gazéification, et dans une moindre mesure le Commissariat à l'énergie atomique (CEA) qui a développé ses projets en parallèle de façon autonome, et est devenu depuis 2010 Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (cf. chap. 2). Mais ces investissements, déjà bien moindres

25. Entretien avec deux directeurs et un chargé de recherche d'un laboratoire de génie des procédés du CNRS, 8 sept. 2011

que ceux de la filière agricole et notamment oléoprotéagineuse (cf. chap. 1), n'ont aucune mesure avec les activités traditionnelles de ces groupes. Sur le total des projets financés en bioénergies, la proportion de participants évoluant dans le monde de l'énergie est somme toute limitée, ce que montrait le graphe 2.5, p. 132. Quant à notre pétrolier national, il a été salué en 2010 par le *Biofuel Digest* comme l'un des dix plus grands investisseurs mondiaux sur les biocarburants, avec cinq autres compagnies pétrolières, des groupes agroalimentaires tel Cargill, ou des industries chimiques comme DuPont. En quel honneur ? C'est son importante prise de participation dans les sociétés biotechnologiques Amyris et Gevo qui lui vaut cette distinction. Des sociétés basées... en Californie et dans le Colorado. En France, la participation de Total aux opérations de recherche et aux pilotes nationaux, comme Futurol, est pour le moins minimale et attentiste.

Certains chercheurs de groupes industriels énergétique se sont donc orientés, en accord avec une orientation stratégique de leur entreprise, vers la transformation de la biomasse en carburants. Mais pour beaucoup d'acteurs, l'insertion dans le domaine des bioénergies constitue de fait leur première approche, leurs premières interactions avec le domaine de l'énergie en général.

En France, l'énergie c'est une science de physicien – ce sont les physiciens qui ont les plus gros budgets sur ces questions-là, sur le nucléaire... Mais aussi pour plein d'autres filières. Et donc là, tous les gens qui se positionnent sur la thématique bioénergies, n'ont en fait quasiment rien à voir avec l'énergie. Ça a des avantages : à mon avis ça amène des idées nouvelles, une autre façon de voir les choses, c'est peut-être pas mal, parce que ça amène aussi plus de débats sur cette question. [...] Maintenant, ce qui est très rigolo c'est qu'en regardant les comités de pilotage d'évaluation des projets ANR : c'est Total, c'est le CEA, c'est vraiment noyauté... Il y a un côté qui se justifie, c'est-à-dire de solliciter les spécialistes de l'énergie sur ces questions-là, mais en même temps ils ont peut-être un rôle trop important, décisionnaire.²⁶

L'expertise des spécialistes énergéticiens reste décisionnaire à la sélection de projet et donc à un certain contrôle exercé sur le développement de cette forme d'énergie alternative, mais n'est que peu mise au service de sa conception et de l'innovation. Et ces entreprises productrices d'énergie pâtissent même d'une mauvaise image « personnelle » chez nombre de chercheurs en bioénergies.

Il y a la motivation, derrière, personnelle disons. Moi, j'aurais du mal à travailler pour le nucléaire ou pour l'armement. [...] Il y a des chercheurs très bien au CEA. On a un projet avec eux... Mais moi, personnellement, j'aurais du mal à travailler au CEA. C'est personnel.²⁷

Bon, moi, je ne suis pas fervent partisan de Total, pour plein de raisons différentes... Donc j'ai un peu traîné les pieds à aller les voir, mais je me suis dit peu importe d'où viennent les moyens. Si ça permet de faire avancer des thématiques environnementales, je suis prêt à fermer un peu les yeux.²⁸

Ailleurs pourtant, à l'étranger, ce sont des énergéticiens qui ont pris en main le développement des bioénergies. Le fondateur et premier directeur du programme de développement des

26. Entretien avec un membre fondateur d'une PME dédiée à la méthanisation, spin-off d'un laboratoire de l'INRA, 23 mar. 2009

27. Entretien avec le directeur du laboratoire LBE de l'INRA et un chercheur en ACV, 23 mar. 2009

28. Entretien avec un chercheur en mathématiques appliquées de l'INRIA, 24 mar. 2009

énergies renouvelables de la Commission européenne, un Allemand, avait ainsi travaillé auparavant, en France, sur le photovoltaïque.²⁹ Le directeur de l'association européenne de promotion de l'industrie de la biomasse (EUBIA), Italien et lui aussi ancien fonctionnaire de la Commission, avait lui travaillé dans le domaine nucléaire, notamment à Cadarache : il conserve, de son ancienne activité, un modèle ambitieux du développement industriel.

À la différence des autres secteurs [renouvelables], l'activité s'est moins développée. La bioénergie est restée la pauvre : pas beaucoup de *business*, une activité modeste et une vision des personnes impliquées modeste. Pas comme dans le nucléaire ou tout est très grand, énorme. Moi j'ai toujours utilisé la méthodologie, la vision du nucléaire, avec l'idée d'un label.³⁰

Le directeur du programme Biomasse du département de l'Énergie des États-Unis d'Amérique, est tout simplement un ancien vice-président de Chevron, deuxième compagnie pétrolière du pays et sixième mondiale. À la tête de pas moins d'une soixantaine de personnes, à Washington et dans le Colorado, il revient sur son expérience dans l'industrie pétrolière, et celles de ses équipes.

Ça m'aide à comprendre ce qui est concrètement réalisable, dans le vrai monde. Quand je suis arrivé au DOE, j'ai rencontré des gens brillants, de qualité, et qui possédaient une expérience industrielle. Ça permet de comprendre les problèmes concrets, les échelles de *business*, et comment les infrastructures existent. [...] Les compagnies pétrolières], ce sont des gens qui possèdent les ressources, et qui comprennent le point de vue du consommateur, sur les carburants.³¹

Son patron, le secrétaire d'État à l'Énergie (de 2009 à 2014), Steven Chu, est un ancien directeur du laboratoire national de recherche Lawrence Berkeley du DOE, le LBNL. Prix Nobel de physique 1997, il est un ardent défenseur des bioénergies, a poussé au financement et à l'émergence de grands centres de recherche, les trois Bioenergy Research Centers (dont l'un, le Joint BioEnergy Institute (JBEI) s'est implanté dans son université à Berkeley). Il a contribué à fonder, toujours au même endroit, l'Energy Biosciences Institute (EBI), qui se présente comme le plus grand partenariat public-privé du genre au monde, et a été financé par le pétrolier BP à hauteur de 500 millions de dollars sur 10 ans. Un spécialiste français de la chimie verte et des bioénergies qui l'a rencontré et pour qui il est un modèle, évoque le rapport que les bioénergies entretiennent avec les mondes de l'agriculture et de l'énergie, en comparant la situation en France et aux États-Unis.

Aux États-Unis, il y a un département de l'Énergie, le DOE. Et dès le début, ce DOE a embarqué toute la biologie : toutes les bioénergies, etc., mais toute la biologie ! Ceux qui font du séquençage aux États-Unis, de manière lourde, le séquençage humain, c'est au DOE. Ce n'est pas dans un machin de santé, ou un truc comme ça. Et donc, le DOE, par sa puissance financière, mais je pense surtout par sa *vista* intervient sur ces grands programmes. Quand vous comparez les pouvoirs du

29. Entretien avec le fondateur et premier directeur du programme de développement des énergies renouvelables de la Commission Européenne (1977-1997), 6 juin 2011

30. Entretien avec le directeur de l'association européenne de promotion de l'industrie de la biomasse (EUBIA), 10 juin 2011

31. Entretien avec le directeur du programme Biomass de l'United States Department of Energy, 8 juin 2011, notre traduction

DOE et du département de l'Agriculture aux États-Unis, il n'y a pas photo. Le département de l'Agriculture, c'est bien, ils s'occupent des paysans, c'est utile, je suis d'accord... Il y a quand même eu une erreur de casting, en France, à ce niveau-là.³²

Ce n'est pas seulement l'histoire du développement d'une forme particulière de biocarburants en France et en Europe, portée par une filière agro-industrielle audacieuse (cf. chap. 1), qui explique la forte orientation agricole de l'univers des bioénergies. Les structures d'organisation de la recherche, mais aussi la trajectoire et les attachements personnels des individus en charge des innovations dans ce domaine, expliquent une expertise davantage axée sur la production de biomasse et ses processus de transformation, que sur les techniques, calculs et marchés du produit final énergétique.

4.2.2 Ranimer un élan scientifique

Pourquoi des non-spécialistes de l'énergie choisissent-ils d'investir un domaine de recherche sur la « transition énergétique » ? Pour certains chercheurs, c'est la caractéristique « émergente » des bioénergies qui explique leur engagement.

La littérature en sociologie des connaissances des années 1970 identifia précisément comment au sein d'un système scientifique de plus en plus concurrentiel, l'émergence de nouvelles spécialités pouvait se lire comme la mise en œuvre d'une stratégie efficace de segmentation et différenciation. Le modèle de la bifurcation décrit par Michael J. Mulkey (1975), et repris par d'autres chercheurs du groupe PAREX (Lemaine et al. 1976) schématisait un système en trois phases : la première exploratoire, où autour de problèmes mal définis, la communication est difficile, la seconde d'une croissance rapide du champ à la fois sociale et intellectuelle, faisant émerger un consensus scientifique, qui, synonyme de routine et d'épuisement problématique, entraîne la troisième et dernière phase de déclin et désintégration du réseau (Mulkey, Gilbert et Woolgar 1975). La bifurcation (*branching*) implique donc une réorientation stratégique et cognitive pour continuer à travailler sur des problèmes intéressants.

Chaque fois, ce sont des sujets qui durent six ans – c'est peut-être mon amplitude intellectuelle, je ne sais pas – mais quand on arrive au bout des six ans, on voit bien que le sujet se transforme en un autre.³³

L'enjeu ? Dans un contexte où certains chercheurs, confrontés à des controverses sociotechniques, considèrent qu'elles restreignent leur capacité d'action, c'est « la liberté » du chercheur, liée à sa « marge d'innovation » qui va inciter l'enrôlement dans un nouveau domaine connexe, où un réinvestissement des compétences est possible.

C'était un domaine émergent, donc on est relativement libre. Après, les systèmes sont de plus en plus cantonnés et je trouve que l'apport de la recherche est faible dans beaucoup de cas. On peut faire

32. Entretien avec le délégué scientifique Développement durable de l'INRA, directeur de l'institut Carnot 3BCAR, professeur au Collège de France (chaire annuelle), 10 fév. 2011

33. Entretien avec le délégué scientifique Développement durable de l'INRA, directeur de l'institut Carnot 3BCAR, professeur au Collège de France (chaire annuelle), 10 fév. 2011

de la belle recherche, mais l'impact est très faible. Ce que j'appelle de la recherche concurrente. [...] En chimie verte, on a beaucoup plus de degrés de liberté qu'en alimentaire, par définition. On peut parler de biologie synthétique, on peut aborder toutes ces questions-là ; chose qu'on ne pourra pas faire dans la partie alimentaire [...] Quand je suis rentré à l'INRA, dans l'alimentaire, il y avait des membranes, des enzymes, la cuisson-extrusion, etc. Il y avait une instrumentation. C'étaient des opérations qu'on connaissait depuis la nuit des temps, forcément, mais il y avait de nouvelles technologies qui apparaissaient, et donc on avait une capacité de création. À l'heure actuelle, les contraintes de sécurité, l'aptitude à faire passer de nouvelles technologies, les contraintes nutritionnelles, font que la marge d'innovation est en fait relativement faible.³⁴

D'autres chercheurs voient dans les bioénergies, non seulement leur émergence, mais des motifs d'intérêt scientifique. Ainsi, l'hétérogénéité des axes et des actions de recherche, qui pose question quand à l'unité et à la signification d'une même dénomination, constitue précisément un enjeu de travail et d'innovation.

Ce qui prend 95% de mon temps maintenant, c'est les carburants. Et les carburants, c'est quelque chose qui est extrêmement multidisciplinaire, il y a vraiment beaucoup, beaucoup de disciplines dedans : il y a de la chimie, de la thermochimie, de la combustion, de la mécanique des fluides, du matériau, et maintenant qu'on parle de carburants alternatifs, il y a aussi de la biologie, de la biotechnologie, des impacts de l'écologie, des impacts environnementaux, et donc tout ce magma de sciences forme ce corps extrêmement composite du carburant. Mon parcours, qui est un peu tous azimuts dans les sciences, colle bien finalement à l'esprit, à ce qui est nécessaire pour essayer de comprendre comment faire un carburant et comment y arriver.³⁵

En présentant le (bio)carburant comme un corps composite issu de l'interaction de multiples acteurs et disciplines, qui le conçoivent et l'approchent de manière différenciée, ce responsable des carburants alternatifs chez Airbus définit précisément ce que Star et Griesemer (1989) ont appelé un objet-frontière. Prendre pour objet de recherche un tel objet-frontière, dont on a identifié le caractère intrinsèquement multidisciplinaire, et tenter d'intégrer ses dimensions constitue un mode singulier de recherche et innovation, au cœur même de la définition d'un nouveau domaine de recherche. Ce contexte spécifique fournit, une fois encore, l'opportunité de valoriser un parcours qualifié sinon d'« atypique ».

Une semaine avant de postuler chez Airbus, en candidature libre – il n'y avait pas de poste associé – je n'avais aucune idée de ce qu'était l'aéronautique, pour être franc, ni de ses problématiques propres, ni des carburants... Eux, ils ont senti que, justement, ils manquaient de compétences vraiment pluridisciplinaires sur des choses qui sont extrêmement hors *core business*, comme on dit : tout ce qui est biotechnologie, biologie. Il n'y a personne de diplômé dans ce domaine ou qui a ces compétences chez Airbus. [...] Je me sers beaucoup de ce que j'ai appris en mécanique des fluides pour arriver à faire l'intégration de toutes ces compétences dans des projets, et mon rôle c'est souvent chef de projet, donc je *design* les projets en fonction des besoins de l'avion. [...] Quand je passais des entretiens dans les cabinets de recrutement, tout le monde m'a dit que c'était un parcours, un profil atypiques. C'est un peu péjoratif comme terme.³⁶

Pour Howard S. Becker (1978), l'esthétique et la technique du savoir-faire virtuose ne suffisaient pas, seules, à donner du sens au rapport qu'artistes et artisans entretiennent à leur œuvre

34. Entretien avec le délégué scientifique Développement durable de l'INRA, directeur de l'institut Carnot 3BCAR, professeur au Collège de France (chaire annuelle), 10 fév. 2011

35. Entretien avec le responsable Carburants alternatifs chez Airbus, 27 sept. 2011

36. Entretien avec le responsable Carburants alternatifs chez Airbus, 27 sept. 2011

et à leur activité : s'y ajoute, comme norme, un critère d'utilité de leur production. Nos entretiens ont révélé l'existence d'un mode d'engagement dans le domaine des bioénergies, qui lui aussi fait écho à un besoin, concret, d'identification et de reconnaissance de l'intérêt des actions de recherche. Car du point de vue environnemental, les bioénergies appartiennent aux technologies de *mitigation* climatique, c'est-à-dire qui visent à en atténuer ou prévenir les conséquences possibles du changement climatique.

La grande question scientifique de fond de ma thèse c'était l'effet de serre, les flux de carbone : en fait la quantification des flux de carbone entre l'océan et l'atmosphère. Essayer de quantifier les quantités absorbées par les micro-algues dans l'océan, les quantités de CO_2 qui vont dans des modèles plus compliqués : le climat dans 10 ans, dans 50 ans. [...] J'ai passé trois ans à travailler là-dessus, et il y a quelque chose qui est un peu désespérant quand on travaille sur ce genre de questions c'est qu'on est face à un constat permanent : les choses vont mal, ça se réchauffe etc., mais on est simplement un observateur. Et c'est quelque chose qui m'a dérangé, en fait. J'ai adoré ce que j'ai fait pendant ma thèse, mais ça m'a dérangé. J'ai essayé ensuite d'aller vers des thématiques où j'avais l'impression d'être utile, directement, sur quelque chose.³⁷

Par rapport à d'autres domaines qui n'offrent que des applications à très long terme ou des dispositifs de connaissance maintenus secrets, ou encore des mécanismes de prévention des risques à usage hypothétique, les bioénergies promettent une application concrète, effective.

Pour ma part, moi, je n'aime pas trop me cantonner à un domaine, bien que je suive toujours les activités sûreté neutrons rapides... Au bout d'un moment, quand on a fait le tour d'un problème, on a envie de découvrir d'autres domaines, c'est personnel. D'autre part, dans le domaine de la sûreté nucléaire, on fait tout pourvu que ça ne serve pas [rires]. Et j'avais envie de faire tout, pourvu que ça serve. Et pour ne pas finir ma carrière sur des trucs dont j'espère qu'ils ne servent pas.³⁸

Cependant et tous les auteurs qui développèrent un modèle dynamique de déplacement d'une spécialité scientifique vers une autre nous avaient mis en garde : les raisons qui poussent hier et aujourd'hui à s'investir sur un nouveau problème de recherche, pourront demain être mobilisées pour le quitter. Ce biologiste du CEA, qui abandonne les micro-algues pour l'agroécologie, justifie sa reconversion sur un registre extrêmement semblable – continuité des compétences, utilité et urgence sociale, engagement agricole, stade dans le parcours professionnel et scientifique – au répertoire d'engagement dans les bioénergies.

C'est un peu la même optique. L'idée est d'essayer « d'exploiter », de prendre appui sur les ressources qu'offrent la biologie et la biodiversité pour satisfaire certains besoins : il y a l'énergétique et l'alimentaire. Je pense que la crise alimentaire va devancer de loin la crise énergétique et que dans ce domaine-là, il y a besoin de revoir – enfin c'est une analyse personnelle – les bases de ce que l'on sait faire en termes d'intensification de la production agricole parce que cette intensification-là, qui pour l'instant est dépendante du pétrole, va devenir caduque à terme. Et donc se recentrer sur les processus biologiques et écologiques pour revoir les modes d'intensification de l'agriculture me semble être un sujet prioritaire, intéressant, sur lequel j'ai envie de m'investir. Parce que je suis d'origine agricole, parce que je suis sensible à ces questions-là, parce que j'ai travaillé en Afrique. À partir du moment où l'envie est forte et qu'on a peut-être des idées à apporter, après il faut faire le choix. Je suis en milieu de carrière de recherche, à 20 ans de recherche, c'est le moment. Ce n'a pas été un choix évident.³⁹

37. Entretien avec un chercheur en mathématiques appliquées de l'INRIA, 24 mar. 2009

38. Entretien avec le directeur d'un laboratoire de thermochimie au CEA, 20 mar. 2009

39. Entretien avec un directeur de recherche en biotechnologie des microalgues au CEA, 15 sept. 2011

4.3 Réflexivités biographiques et processus de légitimation

Ces nombreux témoignages permettent-ils de caractériser la singularité d'un domaine ? Nous ne visons pas tant à produire le portrait type d'un individu, le chercheur en bioénergies moyen, qu'à montrer qu'un noyau de participants à ce domaine partage des expériences, des trajectoires similaires, mais surtout des modes d'appréhension réflexifs de celles-ci.

4.3.1 Un domaine fondé sur des expériences biographiques ?

Pour Pierre Bourdieu (1974), c'est en effet la trajectoire – la pente, le penchant – qui fait l'*habitus*, plus que la situation d'un individu. Dans un article devenu célèbre, il dénonce cependant l'« illusion biographique » (Bourdieu 1986) à laquelle cède le sociologue, ce « professionnel de l'interprétation » si enclin à prendre pour argent comptant les comptes-rendus réflexifs de ses acteurs.

Cette inclination à se faire l'idéologue de sa propre vie en sélectionnant, en fonction d'une intention globale, certains événements significatifs et en établissant entre eux des connexions propres à leur donner cohérence, comme celles qu'implique leur institution en tant que causes ou, plus souvent, en tant que fins, trouve la complicité naturelle du biographe que tout, à commencer par ses dispositions de professionnel de l'interprétation, porte à accepter cette création artificielle de sens.

Bourdieu (ibid., p. 69)

La condition *sine qua non* à la compréhension d'une trajectoire serait « d'avoir préalablement construit les états successifs du champ dans lequel elle s'est déroulée » (ibid., p. 72), de manière à faire émerger les relations de l'agent à l'ensemble des autres agents engagés dans le champ, le même espace des possibles. Ce qui implique une connaissance préalable du champ et de ses caractéristiques structurelles. Nous partageons avec Bourdieu cette nécessité de faire porter l'enquête sur la relation entre une trajectoire individuelle, et un espace des possibles collectifs. Mais notre usage des entretiens biographiques est à front renversé ; nous cherchons précisément à caractériser les états successifs d'un domaine – son émergence, ses réorientations –, en analysant les trajectoires qui ont amené à unir l'agent considéré à l'ensemble des autres agents engagés !

Jean-Claude Passeron (1990) s'est interrogé sur l'existence d'une méthode biographique capable d'offrir à la sociologie les garanties de preuve et de raisonnement propres aux autres méthodes de traitement des données. La voie est double. À partir de méthodes sociologiques classiques, un cheminement durkheimien permet d'analyser l'inscription d'un individu dans des topographies et calendriers institutionnels, connus. S'agissant de qualifier un domaine nébuleux, et alors même que nous manquons de statistiques générales sur les parcours scientifiques, nous ne pouvons l'emprunter. Le deuxième chemin qui s'ouvre à nous consiste, selon Passeron, à analyser des trajectoires (selon le vocabulaire bourdieusien) ou encore des carrières (selon le vocabulaire interactionniste).

Le concept de « carrière » permet ainsi, lorsque son utilisation tient ce que promet son contenu théorique, de saisir, par une description à la fois interprétative et explicative, le sens indissociablement subjectif et objectif que prend après coup comme carrière (pour le sociologue mais aussi sous le regard rétroactif du sujet) une succession d'actions, réactives, défensives, tactiques, anticipatrices, etc., que celui-ci a choisies en son nom personnel pour gérer ses rapports avec le pouvoir contraignant d'un appareil.

Passeron (1990, p. 20)

Passeron prend pour exemples la constitution d'une carrière délinquante – il pense sans doute aux travaux de Becker (1963) – ou de malade – comme l'ont décrite Strauss et al. (1985b). Dans les deux cas, c'est dans l'opposition à des autorités, celles qui imposent la norme sociale, par exemple les médecins et personnels médicaux, que l'individu et le sociologue peuvent postérieurement redonner du sens à un parcours. Les trajectoires de techniciens et leur confrontation aux chercheurs que nous avons retracées constituent ainsi, à notre sens, une carrière en bioénergies.

La sociologie interactionniste s'avère féconde pour nous aider à penser les liens entre ces trajectoires biographiques individuelles et la constitution d'un monde social ou d'un segment au sein d'une profession, ici scientifique. Pour Bucher et Strauss (1961), les segments d'une profession peuvent être considérés comme des mouvements sociaux. Ils notent ainsi que « le destin des carrières individuelles est intimement lié au destin des segments, et les carrières possibles pour une génération le sont rarement pour la génération suivante ». Dans la même veine, Becker et Carper (1956) lient le développement de l'identité d'un individu à l'émergence d'un nouveau segment professionnel dans lequel il s'engage. Ceci est particulièrement vrai dans le cas de carrières qui se construisent au sein de mondes du travail en transition (Becker et Strauss 1956).

Un individu qui était jadis clairement destiné à une position particulière se retrouve soudain confronté à une option ; ce qui constituait jadis une affaire réglée s'est divisé en un ensemble d'alternatives entre lesquelles il doit à présent faire un choix. Différentes identités émergent lorsque les gens dans l'organisation prennent connaissance de ce faisceau nouveau de faits. [...] L'émergence progressive d'une nouvelle spécialité crée typiquement ce genre de situations, dans le cadre d'une profession.

Becker et Strauss (ibid., p. 262), notre traduction

Il nous semble que la mise en exergue d'atypicités, le partage de valeurs liées à la valorisation de savoir-faire du technicien, comme méthodes à la fois scientifiquement légitimes et socialement utiles, ainsi qu'une sensibilité aux mondes de la production des ressources en biomasse – agricoles, forestières, marines – constituent les embryons identitaires liés à l'engagement dans le domaine des bioénergies.

Ce constat *a posteriori* n'invalide pas une analyse des (re)conversions en acte. Comme nous l'avons analysé dans le chapitre précédent au niveau d'un collectif (cf. p. 178), l'engagement (Becker 1960) peut se penser comme le produit d'une grande diversité d'actions antérieures et souvent déconnectées, que l'individu traite *ex post* comme autant de paris subsidiaires. Ces

paris subsidiaires engagé dans la mesure où ils conditionnent chaque décision, une fois reconnus comme tels. Le concept de ligne d'action cohérente, cette manière qu'avaient nos acteurs de présenter de façon logique et même idéale leur parcours pourtant atypique, de plombier à directeur de programme scientifique ou de maçon à professeur en biotechnologies, explique à la fois l'engagement comme un état – l'individu ou le groupe est engagé par ses précédentes actions – et comme un processus – il s'engage en construisant une activité cohérente.

Dans le cas de l'insertion dans un domaine de recherche émergent ou en transition, ceci implique de prendre en compte sérieusement l'imprévisibilité dans les parcours sociaux. Michel Grossetti (2006) propose de ne pas distinguer prévisibilité et imprévisibilité, mais plutôt d'en envisager des degrés. Pour lui, ce sont non seulement des moments d'engagement, mais aussi les issues qui peuvent être prévisibles ou imprévisibles. L'inscription dans un nouveau domaine scientifique nous paraît correspondre à une « transition entre des cycles de vie » : à un moment prévisible mais dont l'issue est imprévisible. Le cas du dernier extrait d'entretien cité, celui du chercheur en reconversion vers l'agroécologie, quittant le CEA pour l'IRD (Institut de recherche pour le développement), en est un exemple ; ce biologiste a fait ce choix à un moment spécifique de sa carrière, objectivable (« Je suis en milieu de carrière de recherche, à 20 ans de recherche, c'est le moment »), mais l'issue de cet engagement reste incertain. Il s'agit donc bien d'une « bifurcation » : c'est non seulement l'imprévisibilité, mais aussi l'irréversibilité, qui sont fortes.

4.3.2 La sociologie des sciences et de l'innovation pour ressource

En contribuant à notre enquête par la narration de leur expérience de vie et d'engagement, les acteurs réflexifs se font aussi une idée de la trame générale qu'ils tissent, et veulent la partager. Dans cette perspective, Frédéric de Coninck et F. Godard (1990) subordonnent la démarche fondée sur la distinction entre approches objectivantes « balistiques » et approches fondées sur le sens construit par les acteurs à une démarche fondée sur l'élaboration de formes temporelles de la causalité. Ils distinguent trois modèles de base : un modèle archéologique qui déterre un moment-clef, un modèle centré sur les cheminements – le plus classique qui comprend notamment les bifurcations –, et un modèle structurel. Où « prévaut l'idée de la pré-structuration des parcours de vie ou des récits de vie par des temporalités externes organisées suivant des chaînes causales indépendantes et préexistantes au déroulement des vies individuelles » (ibid., p. 40). La mise en avant de ces temporalités externes peut s'assimiler à une rhétorique professionnelle (Paradeise 1985). Pour qu'un métier accède au rang de profession, il doit en effet construire une argumentation de manière à ce que sa compétence culmine en expertise. Se développe donc une rhétorique professionnelle spécifique : une rhétorique de la vérité, du besoin, et de la relation besoin / science. Au travers de quelques entretiens, nous avons pu constater que certains acteurs des bioénergies fondent cette rhétorique sur une épistémologie singulière, notre propre spécialité : les sociologies des sciences, des techniques et de l'innovation.

Ces sociologies des sciences et des techniques, celle de l'innovation, ne constituent pas

seulement un ensemble de savoirs analytiques permettant d'étudier *a posteriori* des pratiques scientifiques et sociales. Elles fournissent aussi des ressources intégrées aux discours de certains acteurs des bioénergies, qui poussent la « science en action » jusqu'à son paroxysme. Cela a constitué pour nous, lors des entretiens, une surprise, et nous nous sommes interrogé sur l'adhésion immédiate que suscite, chez le sociologue, cette dimension réflexive.

Certains acteurs ont donc assimilé certains écrits des études des sciences et des techniques et se les sont appropriés, comme notre professeur en bioingénierie, qui nous a donné tout un cours magistral sur les manières de penser le concept de technologie.

Il y a deux façons de revisiter la technologie. On est conservateur, on utilise la définition classique : l'ensemble des techniques et des moyens pour produire les biens, les services et les installations. Ça s'appelle de la culture technique. La technologie, c'est finalement la vision qu'il y a entre de nouvelles connaissances et le marché ; il faut établir la demande sociale, et tous les aspects de régulation, etc. [...] Comment on convertit une nouvelle connaissance en procédés, produits, services [...], comment on retransfère – là je m'appuie sur la théorie du bonzaï du METI [*Ministry of Economy, Trade and Industry*] au Japon – les racines, c'est la science fondamentale, le tronc, ce sont les technologies génériques et ça produit des fruits : en biotech, c'est l'appliquer à la santé, l'environnement etc., les biotechnologies blanches, vertes, rouges, noires. . .

Si on intègre les choses, la technologie de l'idée au marché, avec le contrôle du bien public, c'est difficile à expliciter, mais c'est ce qui a été pensé dans les années 90 par Callon à l'École des Mines de Paris, Centre d'Innovation et je ne sais pas quoi. C'est l'intégration d'au moins quatre cultures : une culture de genèse de nouvelles connaissances (tous les concepts et la révolution), la culture technique, la culture culturelle et la culture médiocratique. [...] Moi j'ai eu le choc de trouver mes supérieurs, chez Saint-Gobain, extrêmement cultivés, ouverts, curieux, travaillant en Europe et en Amérique latine. Ils avaient le sens de la culture et ce qu'on pouvait faire ou ne pas faire suivant les zones géographiques où on était, les zones culturelles où on était. La culture médiocratique c'est l'emmerdement qu'on a eu tous, avec les débats impossibles sur les OGM etc., ce qui implique d'ailleurs qu'on doit se mouiller en tant que chercheurs. C'est un autre devoir, et on ne peut pas le faire ésotériquement.⁴⁰

Au premier rang des travaux cités, on retrouve ceux du Centre de Sociologie de l'Innovation de l'École des Mines, et en particulier de Michel Callon. Ce dernier a, pendant toute sa carrière, cherché à faire connaître et appliquer en France les approches de la sociologie de l'innovation auprès de mondes de la recherche, et ceux des ingénieurs et des biotechnologies en particulier. Quelques-uns de nos acteurs l'ont ainsi rencontré, ont été étudiés par des membres de son laboratoire.

Professeur en biotechnologies à l'UTC — Bon alors je suis un universitaire un peu spécial puisque je suis quand même à l'Université de Technologie de Compiègne. Vous avez des collègues des sciences humaines et sociales, vous les connaissez certainement à l'École des Mines, toute l'équipe, enfin l'ancienne équipe, il est toujours plus ou moins là, de Michel Callon sur la sociologie de l'innovation. Il y a quelqu'un qui s'appelle Maurice Cassier, je ne sais pas si vous le connaissez. . .

Enquêteur — Tout à fait, j'ai suivi son séminaire à l'EHESS. . .

Professeur en biotechnologies à l'UTC — Ah bon ? Eh bien il a fait une thèse et un des sujets qu'il a regardé, c'est nos relations avec le monde industriel. Et il a dégagé des règles que moi je connaissais déjà mais que je n'avais pas été – comme les gens qui font votre métier –, capable de formuler : ce qui est extrêmement important dans la collaboration de recherche, de développement et d'innovation entre le monde de la recherche universitaire et le monde industriel, ce

40. Entretien avec un professeur émérite en bioingénierie à l'INSA, 25 mar. 2011

sont les échanges non marchands. Donc en gros, si on simplifie, celui qui veut jouer au plus fin et essayer d'en tirer le maximum en exploitant la bête, eh bien il échoue. C'est un milieu où la confiance que vous pouvez créer pour faire passer l'information est essentielle. [...] Je suis très ami avec Michel Callon, depuis très longtemps. En 1980–1982, il y avait un colloque national de recherche et de la technologie, des assises etc. et Michel s'en occupait. Moi j'étais président dans ma région, et en 1983 on a fait une sorte de colloque avec plusieurs centaines de personnes à Sophia Antipolis pour faire le bilan. On est resté très copains. Avec Larédo aussi. . .⁴¹

Ces sociologues ont notamment été mobilisés par l'AFME, ancêtre de l'ADEME, pour produire en 1988 un rapport sur les outils de pilotage de la recherche et l'évaluation de ses effets. Dans cette optique, ils passèrent notamment en revue des actions telles le développement du pilote de Soustons, des essais de pyrolyse flash ou encore les premières rotations dans la plantation de taillis à courte rotation (TCR).⁴²

Certains ont lu les sociologues de l'innovation, d'autres les ont rencontré. . . Citons le cas extrême d'un acteur qui en a produit ! Ce directeur d'un laboratoire de combustion du CNRS connaît les STS au point d'avoir publié dans plusieurs revues, dont deux articles dans *Science, Technology and Human Values* (Gökalp 1990b, 1992) :

Alors le problème des algues, pour la capture du CO_2 c'est : est-ce que ces algues, qui sont alimentées par du CO_2 venant des énergies fossiles, est-ce que c'est considéré comme un *biofuel* : est-ce que ça compte. . . Des questions existentielles se posent. [...] Le produit, l'objet, est-ce que c'est un bioproduit ou pas ? C'est intéressant justement. C'est un vrai objet-frontière, au sens de Star et Griesemer [rires].⁴³

Alors que nous étions naïvement venu les interviewer sur leurs activités, ces chercheurs nous indiquent comment les penser – on aurait pu s'en douter – avec notre propre appareillage théorique – c'est déjà plus surprenant –, quand ils ne nous dévoilent pas une liste de publications sociologiques bien plus fournies que notre propre CV – c'en est presque humiliant ! Certains articles, en outre, portent précisément sur les relations interdomaines (Gökalp 1989, 1990a), à travers l'étude des mécanismes de mise en contact des domaines de la combustion et du domaine de la turbulence.

Cette généralisation de l'étude des interrelations nécessite bien évidemment l'extension de la notion de domaine et l'inclusion dans son champ définitionnel de diverses situations ou espaces autres que les branches scientifiques et faisant intervenir différentes sortes de déterminations ou de rationalités.

Gökalp (1989, p. 467)

Tous les chercheurs portent un regard réflexif sur leur activité ; mais le fait que nombre d'entre ceux travaillant aujourd'hui dans le domaine des bioénergies aient mobilisé des références et des concepts en sociologie des sciences et de l'innovation plutôt que des philosophie ou histoire des sciences plus classiques ou positivistes, nous semble témoigner d'une volonté

41. Entretien avec un professeur des universités, ancien directeur du Programme National des Biotechnologies et président d'un pôle de compétitivité, 11 mar. 2009

42. Entretien avec un sociologue de l'innovation, ancien membre du CSI, 27 mai 2011

43. Entretien avec un directeur de laboratoire de combustion du CNRS, 31 mar. 2009

de reconnaissance, de valorisation de pratiques et compétences scientifiques spécifiques. Notamment – les trois extraits ci-dessus en témoignent – celles liées à une culture technique et caractérisées par l’entretien de relations industrielles. Pour ces chercheurs, la science ne réside pas dans l’épistémologie du découvreur, mais bien dans la science en action, et les pratiques de la vie de laboratoire au quotidien. Nous souhaitons mettre en exergue ce processus de légitimation par une réflexivité, qui constitue à la fois une potentielle limite à notre analyse en ce que nous serions dupes de cet usage et y contribuerions, mais aussi une caractéristique essentielle de la construction conjointe de trajectoires individuelles, et d’un domaine de recherche collectif qui porte de telles valeurs.

Conclusion

Ce chapitre a permis de mettre au jour des « parcours atypiques » d’engagement conjoints dans l’univers de la recherche et dans le monde des bioénergies, sans que nous puissions préciser s’ils le sont seulement subjectivement, ou aussi objectivement au regard d’autres domaines et trajectoires scientifiques. C’est à partir de la mise en exergue de pratiques et compétences propres à l’univers des techniciens, exercées au sein de métiers dans le secteur privé, dévalorisés et parfois pénibles, que les chercheurs que nous avons rencontré revendiquent leur singularité, en opposition à des scientifiques déjà établis, favorisés. L’insertion dans le domaine des bioénergies a, pour ces acteurs, donné une cohérence à leur parcours, facilité la transformation de leur savoir-faire techniques en méthodes innovantes de recherche et donc permis leur ascension sociale. Il leur permet, en outre, d’exercer leur profession au contact de milieux agricoles qui leur tiennent à cœur, ainsi que de se confronter à des enjeux sociaux sur lesquelles leurs compétences s’avèrent utiles, et reconnues en conséquence.

Reste que, comme le soulignait Claude Dubar (1998), la mise en relation de trajectoires objectives (la suite des positions sociales occupées par un individu ou dans sa lignée, et dont les fortes ascensions sociales « atypiques » constituent un exemple) et subjectives, pensées en termes de mondes sociaux (les identités professionnelles qui sont aussi sociales, nos extraits montrent bien cela), reste « assez virtuelle ». Aussi, les formes qu’il nomme identitaires « ne sont que des outils d’analyse, des formes provisoires d’intelligibilité » (ibid., p. 83).

Nous sommes donc forcés de nous en tenir à la description de ces formes provisoires d’intelligibilité, par la caractérisation des quelques points saillants rappelés ci-dessus, et qui constituent une certaine unité, et une originalité, des engagements d’acteurs dans les bioénergies. En récoltant et restituant les extraits biographiques, nous avons visé la production d’une « mosaïque scientifique » (Becker 1986) ayant pour sujet ce domaine de recherche.

L’image de la mosaïque est utile pour réfléchir sur une telle entreprise scientifique. Chaque pièce ajoutée à la mosaïque enrichit un peu plus notre compréhension de l’ensemble du tableau. Quand beaucoup de morceaux ont été placés, nous pouvons voir, plus ou moins

clairement, les objets et les individus dans le tableau ainsi que leurs relations réciproques. [...] La biographie décrira ces séquences cruciales d'interactions dans lesquelles de nouvelles voies de l'action collective et individuelle sont forgées, dans lesquelles de nouveaux aspects de la personnalité surgissent. C'est donc en donnant une base concrète à notre image du processus sous-jacent que la biographie permet de vérifier des hypothèses, d'éclairer une organisation et de réorienter des recherches qui piétinent.

Becker (ibid., p. 105 ; 108)

Les valeurs partagées par ces acteurs aux trajectoires singulières peuvent, ou non, se réaliser dans les espaces qu'ils construisent, les communautés qu'ils créent. Pour clore notre enquête, nous proposons alors d'étudier l'émergence de collectifs spécifiques dédiés aux bioénergies, au travers des interactions qui les prennent pour cadre. À l'instar de ce qu'Howard S. Becker préconisait :

Pour comprendre la naissance de nouveaux mondes de l'art, alors, nous devons comprendre non pas la genèse des innovations, mais plutôt le processus qui mobilise des gens, sur une base régulière, pour participer à une activité coopérative.

Becker (1982, p. 310–1), notre traduction

Chapitre 5

Tentatives de structuration d'une communauté : enjeux et vecteurs

Les chapitres précédents ont permis de montrer que beaucoup d'acteurs se satisfont de la redondance et du périmètre flou d'un domaine de recherche au regard d'autres cadres de production de connaissances (leur discipline, leur spécialité scientifique, leur système expérimental). Il serait donc fallacieux de croire que la constitution d'une communauté unifiée autour des bio-énergies, et son institutionnalisation disciplinaire, constituent des objectifs partagés par tous ceux qui se sont engagés dans des recherches s'y rapportant.

C'est là une différence majeure avec les spécialités scientifiques, qui posaient comme hypothèse sous-jacente une progressive structuration du collectif, dont l'inaboutissement constituait un échec. Pour Nicholas C. Mullins (1972), la morphologie des structures de collaboration traduisait ainsi les étapes successives de constitution et d'institutionnalisation d'un collectif : un paradigme, puis un réseau, un *cluster* et enfin, une spécialité. Parce qu'il ne se restreint pas au périmètre académique, ce domaine de recherche regroupe de nombreux acteurs agricoles, industriels, ou militants par exemple environnementaux, pour qui l'émergence d'une communauté scientifique n'est pas un enjeu. Notre ethnographie d'un laboratoire en métamorphoses (chap. 3) a montré que même pour un collectif de chercheurs du secteur public dont les crédits dépendent fortement de ce fléchage, l'engagement dans le domaine est subordonné à l'attachement matériel, culturel et scientifique à un système expérimental, que tous partagent et souhaitent maintenir fécond dans l'enceinte du labo.

Un domaine de recherche correspond ainsi davantage à un monde social, ou comme le posait déjà Diana Crane (1972), à un cercle social, selon la définition de Charles Kadushin (1966) : un groupe d'individus qui partagent un intérêt commun, et de nombreuses interactions, mais « indirectes ». Et dont l'environnement, faiblement institutionnalisé, s'organise autour d'un *leadership* informel (ibid., p. 791).

Nous voyons cependant émerger de-ci, de-là, des tentatives de structuration d'une communauté en bioénergies. Par qui sont-elles portées, et dans quels buts ? C'est la question que ce

dernier chapitre propose de résoudre. À cet effet, nous mobilisons comme matériau empirique les nombreuses observations, parfois participantes, d'arènes explicitement labellisées « bioénergies », que nous avons réalisées depuis notre première année de master jusqu'à la fin de cette thèse. S'ajoutant aux tours de laboratoires et visites d'industries où nous avons conduit des entretiens, en voici une liste non exhaustive.

| Date | Événement | Organisateur | Lieu |
|--------------------------|---|---|-----------|
| 19/11/2008 | Forum scientifique Bioressources, industries, performances | ADEME | Paris |
| 25/11/2008 | Semaine de la Recherche et Innovation, journée Agroressources | Région Picardie | Gouvieux |
| 09/12/2008 | Agrocarburants : rouler/se nourrir il faut choisir ? | CCFD (ONG catholique) | Champs |
| 29/01/2009 | Colloque Agriculture en Europe en 2020 : Agriculture et Énergie | GEM Sciences Po (économistes) | Paris |
| 06/02/2009 | Forum Scientifique du Programme National de Recherche sur les Bioénergies (PNRB) | ANR & ADEME | Paris |
| 30/03/2009 | Présentation des projets Biorefinery Euroview & Biopol | Commission euro., DG Research | Bruxelles |
| 12/12/2009 | Réunion interne de l'atelier de réflexion prospective VegA | ANR & INRA | Paris |
| 12/01/2010 | Assemblée générale de clôture de l'atelier de réflexion prospective VegA | ANR & INRA | Paris |
| 22/04/2010 | Commission plénière Bioénergies et visite d'une distillerie-bioraffinerie | Pôle de compétitivité Industries et Agro-Ressources | Épernay |
| 03/05/2010 07/05/2010 | 18th European Biomass Conference & Exhibition : From Research to Industry and Markets | etafloreance / WIP et Commission euro., DG Research | Lyon |
| 10/01/2011 11/01/2011 | Forum Scientifique du PNRB et du programme Bioénergies | ANR & ADEME | Paris |
| 06/06/2011 10/06/2011 | 19th European Biomass Conference & Exhibition : From Research to Industry and Markets | etafloreance / WIP et Commission euro., DG Research | Berlin |
| 23/09/2011 | Comité du Réseau Mixte Territorial Biomasse | RMT Biomasse | Paris |
| 04/08/2012 | Special Workshop on Bioenergy : Knowledge Regimes, Innovation Pathways, Standards of Sustainability | World Congress of Rural Sociology & IFRIS | Lisbonne |

| | | | |
|--------------------------|---|-------------------------------|--------------|
| 09/10/2012 10/10/2012 | Colloque ANR Bioénergies | ANR | Paris |
| 29/11/2012 01/12/2012 | Bioenergy Futures : Technical Feasibility Meets Social Sustainability | Michigan State University | East Lansing |
| 24/01/2013 25/01/2013 | Tracing Biofuel Transitions : Policies, Practices and Phase-outs | Eindhoven Univ. of Technology | Eindhoven |
| 13/03/2014 | Séminaire Place de la biomasse dans la transition énergétique française | INRA | Paris |

TABLE 5.1 – Exemples d'observations d'espaces de discussion collective sur les bioénergies

Un coup d'œil sur cette liste d'événements – forums scientifiques, colloques, conférences internationales, ateliers de réflexion prospective, comités – permet de constater que ces derniers sont principalement portés par des agences, des instituts, des pôles : des organisations en charge du financement, de l'orientation, et du suivi de la production scientifique.

Les nouvelles pratiques managériales de la science (Louvel 2011), mais aussi l'instauration de nouvelles formes de financement et d'organisation de l'activité scientifique, ont induit une nouvelle manière spécifique de gérer l'octroi de ressources et s'assurer de leur bon emploi : la « science en projets » (Barrier 2011 ; M. Hubert et Louvel 2012 ; Jouvenet 2011). L'émergence des domaines de recherche a partie liée avec ces nouvelles formes : ils constituent notamment les périmètres d'appels à projets dits thématiques, au sein de programmes de recherche. Nous décrirons les vecteurs et enjeux de cette structuration de domaines par des agences de (financement de la) recherche, dans un premier mouvement. Avant d'élargir notre horizon, et d'étudier les agencements sociotechniques impulsés à l'échelon européen et national, sous la forme de concepts et plateformes industrielles, les « bioraffineries ».

5.1 L'agency des agences de financement de la recherche

La création et le développement de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR), depuis 2005, ont catalysé dans l'espace national français nombre de débats portant sur les évolutions des mondes de la recherche. Se présentant comme « une structure de financement sur projets au service de la recherche », l'ANR est principalement caractérisée, dans ses propres narratifs comme dans les discours la dénonçant, par deux tensions.

Un des objectifs affichés par l'agence est l'unification de la distribution des fonds publics pour la recherche scientifique, en opposition avec le précédent système dans lequel les établissements publics scientifiques et techniques (EPST), notamment, géraient en fonds propres tant les ressources dédiées aux opérations de recherche qu'humaines. Ce processus d'unification se réclame à la fois de la cohérence dans l'orientation de la recherche à l'échelle nationale et de la simplicité en regard d'une multiplicité bureaucratique des organismes institutionnels. Mais,

pour certains chercheurs, l'ANR fait au contraire figure d'administration centralisée planificatrice et bureaucratique, qui demande un montage de projets toujours plus complexe excluant *de facto* des entités toujours plus nombreuses.

La seconde tension, sans doute majeure, qui ronge le dialogue entre l'agence et des collectifs tel « Sauvons la recherche » qui occupa symboliquement ses locaux en 2009, concerne le modèle économique sous-jacent à la distribution des financements. L'ANR se targue d'une transparence retrouvée dans l'attribution des subsides et d'une saine efficacité financière garantes de la bonne utilisation de l'argent public venant du contribuable. D'aucuns lui reprochent d'incarner l'avènement d'un modèle néolibéral de financement de la recherche en France, basé sur la compétition et mettant trop l'accent sur les partenariats public-privé et l'application industrielle dans une triple hélice État-université-industrie (Etzkowitz et Leydesdorff 2000) bancal. Le système de financement par projets à durée limitée est aussi accusé de participer à la précarisation de la recherche et du (jeune) chercheur, en multipliant les emplois à durée déterminée.

Eliot Freidson (2001), propose, dans un ouvrage intitulé *Professionalism : The Third Logic*, d'enrichir systématiquement l'emploi des deux idéaux types de la bureaucratie et du libre marché, par une analyse de la dimension professionnelle (*occupational*) des dynamiques à l'œuvre dans certains mondes sociaux. Ce n'est donc pas en occultant l'existence et sans doute la prégnance des deux tensions vives décrites précédemment, mais en les complétant, que nous proposons de nous concentrer sur une autre dimension structurante de l'activité des agences de financement de la recherche : la revendication et l'affirmation d'une capacité d'action (une *agency*) à fonder et faire vivre des domaines de recherche.

Qui oriente la dynamique scientifique autour des bioénergies, dans l'espace national ? Andrew Abbott fait de l'organisation professionnelle, en particulier de l'« existence d'une unique et identifiable association nationale, [...] un prérequis de revendications et affirmations publiques ou légales » (Abbott 1988). La première forme d'association scientifique supportant l'émergence des bioénergies en France fut un programme de l'ADEME, AGRICE (Agriculture pour la chimie et l'énergie), lancé en 1994. L'Agence de l'environnement et la maîtrise de l'énergie a joué à la fois le rôle d'organisme financeur et celui d'incubateur – plus ou moins fermé – d'une protocommunauté dont nous avons décrit les acteurs (cf. chapitre 2) : des industries et instances intermédiaires agricoles, l'Institut national de la recherche agronomique et l'Institut français du pétrole. L'ANR, dans sa tentative de décloisonnement disciplinaire qui consiste à attribuer ses crédits sur des thématiques qualifiées de stratégiques, propose de même un cadrage ailleurs inexistant.

L'émergence d'un domaine nécessite, comme tout mouvement de différenciation d'un segment au sein d'une profession, des formes organisationnelles de soutien. Les agences nationales de financement de la recherche s'approprient et revendiquent aujourd'hui ce rôle. Comme l'indiquent les tensions présentées ci-dessus, ces agences sont encore, en France, institutionnellement fragiles. La mise en exergue d'une capacité d'action à fonder et unir des communautés

de recherche vise donc à légitimer leur existence sur le plan professionnel, et donc scientifique. Cette focalisation sur des nouveaux fronts de sciences évite, en outre, dans un système interrelationnel des professions (ibid.), une confrontation frontale avec les universités, les établissements publics de recherche et les associations professionnelles, construits et structurés sur des fondements disciplinaires. Il y a fort à parier que si ces agences avaient prétendu orienter des programmes, évaluer des recherches et financer des projets sur des critères strictement disciplinaires, elles auraient été encore davantage contestées. On souligne déjà la forte dépendance de leur fonctionnement à l'importante mobilisation d'experts qui sont des personnels salariés du CNRS, de l'INRA, du CIRAD, de l'IRSTEA, de l'IFP, du CEA, ou des universités. En déléguant l'expertise, il ne reste à ces agences pour prérogative, outre la redistribution de la manne allouée par l'État, que la revendication et l'affirmation d'une capacité à proposer des orientations stratégiques, traduites par l'émergence de nouveaux domaines.

Nous proposons donc de penser comme un système la co-construction professionnelle d'un domaine de recherche et de l'agency des agences de financement de la recherche – au niveau du programme autant que dans la pratique de l'expertise au sein de ses comités –, dans un processus de mutuelle création de valeur et de valeurs scientifiques.

5.1.1 Des luttes inter-agences aux enjeux de gouvernance et de valeurs

Les agences de financement de la recherche affirment jouer un rôle structurant dans la naissance, l'émergence et le développement d'une communauté scientifique autour d'un nouveau domaine de recherche. ADEME, ANR, mais aussi CEA, CNRS, IFP, INRA : chacune de ces entités estime avoir légitimité à orienter les choix de développement des bioénergies.

Ces organismes sont représentés par des porte-paroles, des individus, chercheurs ou *managers* de la recherche. Au premier chef desquels figurent les responsables de programme, dont la nomination, décidée au niveau de la direction des agences ou des instituts, est évidemment cruciale. Comme le note Freidson (2001, p. 34) : « le droit au jugement implique d'être digne de confiance, d'être investi, et même de s'engager moralement dans un travail » ; cette *discretion*, étymologiquement cette capacité et ce droit à trancher, repose sur un double rapport aux savoirs :

L'idéologie professionnelle revendique à la fois un savoir spécialisé, qui fait autorité dans un sens fonctionnel ou cognitif, et l'engagement envers des valeurs transcendantes qui guident et statuent sur la façon dont les connaissances sont employées.

Freidson (ibid., p. 127), notre traduction

Ce sont ces valeurs transcendantes, portées à la fois par un individu et une institution, que nous voulons mettre au jour. Howard S. Becker insiste sur la nécessité de mener cette analyse des systèmes de valeurs pour comprendre l'importance, pour l'acteur, de ce qu'il a engagé. Dans les mondes de la science comme dans les mondes de l'art :

Stabiliser des valeurs n'est pas juste un exercice philosophique. Les participants à un monde de l'art qui s'accordent sur la valeur d'une production peuvent agir à son égard de manière globalement similaire. Une esthétique, qui fournit la base à partir de laquelle les gens évaluent les choses de façon sûre et fiable, rend possible des formes de coopération régulières.

Becker (1982, p. 134), notre traduction

Cette esthétique, c'est aussi « la production d'une rationalité pour justifier leur existence ». Les porteurs de programme au sein de chaque agence, c'est-à-dire une individualité ou un collectif de chercheurs ayant déjà en partie traversé le processus de négociation et stabilisation précédemment décrit, tentent d'agencer un monde scientifique à partir de représentations souvent concurrentes. C'est dans cette compétition professionnelle où se forme un système d'interaction, une écologie, que peuvent se lire les affirmations et revendications de chacune (Abbott 1988).

Si l'ADEME fut l'instigatrice des premiers programmes bioénergies en France avec AGRICE I (1994–2000) et II (2001–2007), le PNRB, Programme national de recherche sur les bioénergies (2005–2007), hérita d'une gouvernance partagée : financé par la toute nouvelle ANR, mais concrètement géré par l'ADEME. Ce n'est plus le cas des programmes Bioénergies (2008–2010) et BIO-ME (2011–2013), sous la seule autorité de l'ANR ou du BIP, programme Bioressources, Industrie et Performances, lancé par l'ADEME. La figure 2.1 (p. 111) récapitule cette succession et superposition de programmes. Le directeur du programme Bioénergies à l'ANR commente cette évolution :

Dans le PNRB, c'était pratiquement l'ADEME qui faisait le classement et le classement, il était imposé au comité de pilotage. Bon, tout ça a profondément changé. Quand je suis arrivé, [la directrice de l'ANR] m'a dit : « J'ai eu la visite de mecs, beaux jeunes gens, costumes trois-pièces, qui m'ont dit qu'une agence ne peut plus déléguer à une autre agence, il faut commencer à internaliser les programmes. Coup de bol, c'est tombé sur toi. Donc Bioénergies, on va l'internaliser, puisque ton programme est recréé dans un cycle triennal. » Alors évidemment ça a créé un tas de bordel avec les gens de l'ADEME qui l'ont mal pris. J'avais demandé accessoirement : « Qui c'est ces mecs-là ? C'est des collaborateurs de la ministre de la recherche ? ». Elle me répond : « Ah ben non, c'est plutôt la ministre qui est le collaborateur de ces mecs-là... ». Il y a eu toute une phase au mois de décembre 2007 qui a été *hard*, mais on a trouvé un *modus vivendi* sympathique : on a croisé les comités. Sous-entendu on va faire une carte cohérente du point de vue de l'offre de recherche. Bien sûr, l'ANR ne prend pas le bois-énergie, ne prend pas les projets première génération et donc on comprend que, peu ou prou, l'ADEME dans le programme BIP est plutôt centrée là-dessus, et l'ANR c'est deuxième et troisième générations. Voilà à gros bords : maintenant on voit bien, avec les répartitions entre le BIP et le programme Bioénergies qui sont de 1 à 10.¹

Ces luttes de gouvernance se traduisent par des ressentiments entre personnes, mais aussi par une opposition de « logiques d'organisme » pensées et supposées ; une vision concurrente de la direction et conduite de programmes. Favorise-t-on une gestion individuelle, où un homme fort joue de sa seule crédibilité, ou plutôt la constitution d'une équipe de suivi ?

Le responsable du programme Bioénergies, c'est moi qui l'avais fait venir dans le conseil d'AGRICE. Donc il a pu apprendre comment ça fonctionnait. Bon, alors, les sentiments personnels

1. Entretien avec le responsable du programme Bioénergies de l'ANR, 27 fév. 2009

qu'on peut avoir là n'ont pas d'importance, mais les logiques, elles, peuvent en avoir. La logique, elle est exclusive : l'ANR a voulu récupérer tous les programmes qu'elle avait confiés en gestion, étant un financeur, à d'autres. Bon. On ne voit pas pourquoi il faudrait exclure le fait de confier à des gens qui en ont les moyens, la capacité, les compétences, et qu'il faudrait reconstituer à côté des équipes. Ce qui se passe, c'est qu'ils ont récupéré le programme, ils n'ont pas reconstitué l'équipe. Et ils gèrent de façon très administrative ce programme.²

Un responsable de programme employé à mi-temps, et une chargée de mission scientifique, voici en effet les forces propres de l'ANR sur le volet bioénergies. Le service bioressources de l'ADEME rassemble 17 personnes, dont une douzaine d'ingénieurs. En comparaison, le programme *Biomass* du Département à l'énergie (DOE) des États-Unis compte 60 employés, dont 40 permanents. Au-delà de la quantité, c'est aussi la qualité du suivi qui est discutée, à travers des remises en cause des compétences scientifiques.

Par rapport à des systèmes type ADEME ou des choses comme ça, à l'ANR, les responsables programme, je ne parle pas pour moi, sont quand même des gros seniors vachement compétents. C'est des mecs dont tu n'auras pas l'équivalent...³

Ces logiques d'organismes, ces philosophies d'agences, reposent, de fait, sur des conceptions divergentes, réflexives, des modes d'évaluation. La question de la mesure de la valeur scientifique loge donc au cœur de ces luttes.

La philosophie de l'ANR n'est pas une philosophie, malgré les discours, finalisée. C'est une philosophie de recherche type CNRS. J'en veux pour preuve que les fameux critères d'évaluation des projets qui sont soumis à l'ANR, ce sont des critères dits de valeur scientifique. Bon, c'est quoi la valeur scientifique, ça se mesure comment ? Ça se mesure au taux d'élimination. Ça paraît sidérant, mais c'est comme ça ! C'est un mode de fonctionnement sur appels d'offres, sans programme en réalité !⁴

Le discours de son successeur, interrogé sur le rôle concurrent de l'ANR, ne varie pas d'un pouce. Il mobilise la même rhétorique, les mêmes arguments.

Là où tout le monde est surpris avec l'ANR, c'est qu'il y a la philosophie du taux de sélection. C'est à dire que si j'ai 60 dossiers qui sont déposés, si je n'en retiens que 20, c'est un bon taux de sélection. J'en ai saqué 40... Nous, on ne pense pas comme ça, parce que, les gens travaillent beaucoup, c'est du boulot derrière et on n'est pas là pour sanctionner les gens, on est là pour les aider à construire. Tous ceux qu'on retoque, on les revoit, on leur demande de retravailler et on les aide à rebâtir leur affaire. C'est une différence de philosophie.

Là, encore, où on est surpris avec l'ANR, c'est qu'ils mettent dans leur cahier des charges qu'ils aimeraient bien une ouverture aux PME, mais le mode de sélection très académique fait qu'elles sont systématiquement sanctionnées, ces PME. Or il faut être cohérent avec son texte ! Il faut accepter que c'est moins académique, c'est plus PME, eh bien oui, parce que c'est le patron qui est au four et au moulin, qui serre les boulons, qui rédige le truc et c'est plus compliqué.⁵

2. Entretien avec l'ancien directeur du département Bioressources à l'ADEME, 12 mai 2009

3. Entretien avec le responsable du programme Bioénergies de l'ANR, 27 fév. 2009

4. Entretien avec l'ancien directeur du département Bioressources à l'ADEME, 12 mai 2009

5. Entretien avec le directeur du département Bioressources à l'ADEME, 7 avr. 2011

5.1.2 Un domaine en quête d'orientations stratégiques

Les deux extraits précédents mettent l'accent sur une philosophie davantage finalisée de l'ADEME, par rapport à l'ANR. Quelle que soit l'agence, les discours privilégient les PME, et font état d'une profonde aversion pour le CNRS. Le responsable à l'ANR, accusé par son homologue à l'ADEME d'être dans une « philosophie de recherche type CNRS », se vante, lui, d'avoir « viré les gens du CNRS » de ses comités d'évaluation scientifique et de pilotage, comparant le comité national du centre à « une espèce de comité central ». Ces responsables de programme aimeraient pourtant pouvoir se passer du modèle de la « démocratie scientifique » dans leur gestion des attributions de financements de la recherche.

Il faut échapper à cette espèce de grande démocratie scientifique avec ses règles extrêmement contraignantes, ses quotas mathématiques, qui éliminent le sens pragmatique. [...] Les Américains, naturellement, ils travaillent sur les enzymes, puisqu'on sait que c'est important dans la voie biologique et que c'est en fait un goulot d'étranglement absolument énorme pour le développement de ces technos. Il y a deux sociétés américaines – sociétés, hein – Novozymes et puis Genencor. Vous croyez qu'on a fait un appel d'offres pour dire : alors quel est le meilleur, est-ce qu'ils seront dans les 25% ? Non... Ils savent faire ça aussi, mais là non, ils les ont fait venir tous les deux et leur ont dit : « Vous nous divisez le prix des enzymes par deux. On vous donne 17 millions de dollars à chacun, et vous nous sortez des résultats ». En Europe faire des trucs comme ça... Tout le monde crie au scandale, la transparence, le compromis, le machin, le truc... Et voilà, tous les anathèmes sont repartis. Alors qu'est-ce qu'on fait ? On gaspille beaucoup beaucoup d'argent avec pas beaucoup de résultats. Moi je suis très critique sur ce système, très très critique.⁶

C'est en effet moins avec des collectifs de chercheurs, qu'avec des ordres présidentiels directs, que le directeur du programme *Biomass* du DOE⁷ doit composer. Ceux-ci fixent les priorités, en accord avec son équipe, et le Congrès exerce aussi un contrôle : il alloue un budget plus ou moins important, et décide de financer des programmes spécifiques, complémentaires. Physiquement installé au sein du département d'État à l'Énergie à Washington, en face des collègues du département de l'Agriculture (USDA), le programme est clairement inscrit dans une logique politique, fédérale. Les orientations stratégiques et les plans d'action sont clairement définis, puis diffusés. Ce sont d'ailleurs ces documents que les responsables de l'ANR présentent sur leurs *slides* lors des forums scientifiques qu'ils organisent...

Peu après avoir été nommé responsable de programme, je vais au ministère : « Pardon de vous déranger, excusez-moi, mais quels sont les axes, pouvez-vous me donner la *roadmap* ? ». On me répond : « Ah non, ça n'existe pas, on ne sait pas, on n'a pas ça... ».⁸

Cette absence de cadrage (de vision ?) a l'avantage de laisser aux agences une grande liberté d'action. Comme l'a rappelé Michèle Lamont (2009), c'est évidemment la question de l'excellence scientifique qui est au cœur des discussions dans l'exercice d'évaluation et sélection de projets de recherche. Mais contrairement aux comités d'attribution de bourses de prestige qu'elle a étudiés aux États-Unis, les responsables de programme ne se voient pas seulement

6. Entretien avec l'ancien directeur du département Bioressources à l'ADEME, 12 mai 2009

7. Entretien avec le directeur du programme Biomass de l'United States Department of Energy, 8 juin 2011

8. Entretien avec le responsable du programme Bioénergies de l'ANR, 27 fév. 2009

comme des distributeurs de bons points. Ils s'intéressent aussi à tous ceux dont il est « nécessaire », ou en tout cas plus aisé, de guider les travaux. Des travaux dont on attend qu'ils soient directement applicables, et appliqués.

L'idée, c'est qu'on ne peut pas mettre tous les sous de l'État français pour tout faire, du genre : « allez-y les p'tits gars, proposez-moi n'importe quoi ». Ce genre de stratégie de financement de la recherche est possible pour 30% de la population des chercheurs, c'est-à-dire pour des chercheurs à caractère plutôt fondamental, brillants. Malheureusement, la nature humaine fait que tout le monde n'est pas brillant, excellent, et on peut considérer que le système qui consiste à payer 70% de la recherche comme si tout le monde était brillant et ne faire que 30% de recherche appliquée – sous-entendu les sous-hommes – devrait être inversé. Pour développer des savoir-faire technologiques, de la propriété industrielle, de l'aide aux PMI-PME, de l'aide à l'exportation, du frein à la délocalisation. [...] Les chercheurs qui défilent discutent peu, sont toujours dans l'attente comme l'oisillon qui ouvre le bec et qui attend que ça tombe dedans. [...] Ils se posent plus la question de savoir si on ne va pas mettre de contrainte à la publication, qu'« il ne faut surtout pas breveter, parce que j'ai ma liste de publications et qu'elle est importante parce que je vais poser ma candidature à une promotion au CNU, au comité national... ».⁹

Ces discours des responsables de programmes à l'ADEME et à l'ANR divergent peu, malgré leur concurrence. Le parcours du directeur du programme Bioénergies à l'Agence nationale de la recherche, qui a travaillé toute sa vie sur des recherches finalisées en génie des procédés, explique certainement cette convergence de vues, cette « fibre industrielle » disent ses collègues. Il fait plutôt figure d'exception à l'ANR ; le profil de son successeur, biologiste du CNRS travaillant sur des comportements moléculaires beaucoup plus fondamentaux, dans des milieux en culture pure, plus stériles, de laboratoire, correspond davantage aux standards académiques promus par l'agence. Sur ce point, des différences de cultures scientifiques demeurent.

Il y a un problème majeur entre l'ANR et l'ADEME : les deux s'ignorent. Après, ils peuvent signer des traités de paix autant qu'ils veulent, personne n'est dupe. Et ils s'ignorent d'autant plus qu'il y a une différence culturelle fondamentale : l'ANR est peuplée de chercheurs, et l'ADEME est peuplée de fonctionnaires des corps techniques, qui n'ont pas l'habitude de la recherche. Donc, cette partie hypothèses, doutes, essais, erreurs, ne fait pas partie de leur système. Pour eux, on a une question et on mobilise tout de suite les bonnes compétences. La notion de réorientation de programme leur est étrangère. [...] L'intérêt de l'ADEME en revanche, c'est qu'ils sont très finalisés, très soucieux de l'application et donc, on peut passer des projets à l'ADEME qui ne passeront jamais à l'ANR parce qu'il n'y a pas la belle science derrière. Les deux sont utiles.¹⁰

Profitant de ces querelles de valeurs et gouvernance, certains acteurs choisissent d'organiser leur propre réseau à l'échelle régionale, en se reposant notamment sur les structures des pôles de compétitivité, tel le pôle Industries et AgroRessources (IAR) qui depuis 2005 conduit des actions en régions Champagne-Ardenne et Picardie, ou encore celle des réseaux mixtes territoriaux, tel le RMT Biomasse. Du point de vue national des agences, on leur reproche au mieux leur invisibilité, quand ce n'est pas davantage.

9. Entretien avec le responsable du programme Bioénergies de l'ANR, 27 fév. 2009

10. Entretien avec le délégué scientifique Développement durable de l'INRA, directeur de l'institut Carnot 3BCAR, professeur au Collège de France (chaire annuelle), 10 fév. 2011

Après, quand tu regardes sur le terrain les pôles de compétitivité, ou les Carnot, tout ça c'est un bazar... en fait au niveau local souvent ça ressemble – bon c'est un peu fort de le dire, pas à des associations de malfaiteurs, mais pas très loin, quoi. [...] Peut-être qu'untel tombe, je le dis amicalement pour lui, parce que je l'aime bien, mais peut-être qu'il tombe dans le travers du mini pototat régional qui s'entoure de sa cour de délégués régionaux... Peut-être qu'il pousse trop la notion de pouvoir local.¹¹

Les initiatives régionales ne sont pas les seules concurrentes des agences nationales de financement de la recherche. Les établissements publics à caractère scientifique et technologique, ainsi que les établissements publics à caractère industriel et commercial, associés aux universités et aux pôles de compétitivité, ont tenté de récupérer la gouvernance perdue des domaines de recherche, en créant des « alliances » thématiques. Dans le champ énergétique, c'est l'ANCRE, l'Alliance nationale de la coordination de la recherche pour l'énergie, qui a été forgée.¹² Un groupe programmatique numéro 1, est ainsi consacré aux « énergies issues de la biomasse ». Mais ses productions collectives sont maigres et le pari collectif semble perdu.

C'est politique, tout ça. [...] Tout le monde voulait écrire des orientations stratégiques. L'ADEME a été maline, elle a réussi à faire signer un accord entre ministres qui lui donnait ce pouvoir. Pour faire chuter cet accord-là, les autres organismes ont créé l'ANCRE. Tout le monde est arrivé avec son bébé. À l'ADEME, on a mis un certain temps à démarrer, eux ont démarré avant nous et ils voulaient qu'on participe à leur groupe. Nous, pas question ! On ne participait pas, parce que ça leur donnait du crédit... [...] À l'ANCRE, ils en sont convenus, ils ont commencé à gratter : ils ont mis des directeurs de recherche autour de la table, les différents grands labos... Finalement, ils ont décrit ce que savaient faire leurs labos, et ce qui serait important pour leur labo, c'est à dire l'offre. Et ça, ça ne convient pas. Au bout d'un moment, ils se sont même étripés entre eux, parce qu'il y a bien quelqu'un qui a dit : « Ah, mais attendez, ça, ce ne sont pas les priorités. ». « Comment ça, c'est pas les priorités ? C'est mon labo ! De qui tu parles, c'est mon labo ! » [...] Nous, on n'a pas du tout d'intérêts dans la recherche, ni dans aucun labo, donc c'était plus facile de faire ce travail. Et de dire : voilà les orientations, les priorités, on n'a pas tel tissu industriel en France. Il n'est pas question de travailler sur un tissu industriel qu'on n'a pas du tout, qui est chez nos amis Allemands, chez les Américains. Je ne vois pas pourquoi on paierait la recherche aux Américains ! Nous, on a un tissu industriel, un tissu de laboratoires qui sait faire ça : on a des manques pour faire voler nos avions, parce qu'on est fabricants d'avions Airbus, on est fabricants d'automobiles, on est fabricant de je ne sais pas quoi... On était beaucoup plus légitime pour faire ce travail que les laboratoires.¹³

Les agences de financement de la recherche ont réussi, en privilégiant des fléchages par domaine, à s'imposer comme les instances chargées d'écrire les plans stratégiques et de définir les priorités des opérations à mener en recherche et développement. Leurs rhétoriques, leurs discours, véhiculent des visions assez générales sur les modes de gouvernance de l'activité de recherche et sur des valeurs associées. Ils sont cependant trop génériques pour qualifier spécifiquement les bioénergies : tout au plus signalent-ils la dimension appliquée, les enjeux industriels et économiques forts du développement de ces énergies.

Mais l'orientation effective des actions et de l'innovation dépend très fortement de leur capacité à convaincre les experts en charge de l'écriture d'appels à projets, de l'évaluation et de

11. *Entretien avec le responsable du programme Bioénergies de l'ANR, 27 fév. 2009*

12. Les membres fondateurs de l'ANCRE sont les suivants : le CEA, le CNRS, la CPU, l'IFPEN. Les membres associés : l'ANDRA, le BRGM, la CDEFI, l'IRSTEA, le CIRAD, le CSTB, l'IFREMER, l'INERIS, l'INRA, l'IFSTTAR, l'INRIA, l'IRD, l'IRSN, le LNE, l'ONERA.

13. *Entretien avec le directeur du département Bioressources à l'ADEME, 7 avr. 2011*

la sélection des projet soumis, du bien-fondé de ces visions.

5.2 Des expertises confrontées à l'exercice interdisciplinaire

Les comités d'évaluation et de pilotage des projets de recherche, au cœur du système des agences de financement, garantissent, *via* l'expertise des pairs, la légitimité scientifique de ces dernières. Ils sont un espace où la question de la valeur scientifique (ou de l'excellence scientifique) se pose inévitablement et continuellement (Lamont 2009). Les membres de ces comités vivent dans des communautés disciplinaires ou des spécialités scientifiques déjà organisées ; c'est le cas des experts des comités en bioénergies puisque s'y croisent agronomes, biochimistes, spécialistes en (bio)catalyse, combustion, fermentation, pyrolyse, thermochimie, rudo-logie, des économistes, chercheurs en génie des procédés, gestionnaires forestiers, microbiologistes, mathématiciens modélisateurs... Comme un certain nombre de programmes répondant à ce qu'on nomme aujourd'hui les sciences du développement durable, cette interdisciplinarité est en outre revendiquée comme une caractéristique essentielle. O. Godard et B. Hubert (2002) distinguent ainsi trois postures, selon que le développement durable est considéré comme :

1. un simple nouveau référent pour des politiques scientifiques se situant à l'interface entre société et recherche, dont l'intérêt est uniquement de déboucher sur l'identification de problèmes ;
2. un véritable nouvel objet de recherche spécialisé qui pourrait déboucher sur une nouvelle spécialité scientifique ;
3. une question transversale qui conduit à faire de la recherche « autrement », en s'appuyant sur des dispositifs de recherche finalisée et transdisciplinaire et sur de nouvelles modalités d'articulation avec les groupes sociaux.

Les bioénergies, nouvel objet de recherche transdisciplinaire, se sont-elles dotées d'un nouveau mode de gouvernance collective et finalisée de la recherche ?

L'interdisciplinarité appelle à des critères spécifiques dans l'évaluation scientifique et renvoie souvent à une discussion sur les valeurs scientifiques (Lamont 2009, chap. 6) ; c'est d'ailleurs par l'étude de comités mixtes de professeurs en sciences humaines, sociales et histoire-science politique, selon sa typologie reconstruite, que Michèle Lamont a pu identifier des ensembles de valeurs constitutifs d'une culture disciplinaire donnée (*ibid.*, chap. 3).

D'un comité à l'autre, les experts en viennent à constituer un nouveau style d'expertise, comme l'ont montré Granjou et Barbier (2010, chap. 2) sur la base des travaux du comité Dormont, d'un comité de l'AFSSA et l'étude du rôle qu'y jouent des individus « transversaux », et qui métamorphosent un domaine de recherche sur les encéphalopathies spongiformes subaiguës transmissibles en domaine « des maladies à prions ».

5.2.1 L'expérience mitigée d'un atelier de réflexion prospective

Dans quelle mesure les collectifs scientifiques réunis en comité influent-ils sur l'orientation de programmes de recherche et, plus généralement, du domaine de recherche sur les bioénergies ? Par leur mobilisation dans l'écriture stratégique, sous une forme faible : l'accord collectif pour couvrir l'ensemble des voies possibles.

L'atelier de réflexion prospective (ARP) VegA dédié aux végétaux et systèmes de productions durables pour la biomasse dans l'avenir, a été financé par l'ANR et organisé par l'INRA. Il a réuni régulièrement, pendant deux années, près de 200 chercheurs issu d'organismes et travaillant sur des objets divers. Nous avons notamment assisté à une réunion interne qui plaçait les responsables des douze tâches face à un exercice stimulant : des derniers devaient intégrer les travaux de leur sous-groupe de réflexion à 4 scénarios décrivant assez finement des évolutions planétaires démographiques, alimentaires, foncières et énergétiques, à l'horizon 2050 (Mora et Gauvrit 2010). Le premier scénario de *statu quo* décrit une « fuite en avant sur l'énergie et l'environnement, des usages de la biomasse limités », un deuxième intitulé « la biomasse dans la néo-modernisation verte » met l'accent sur l'innovation et le développement de technologies nouvelles et propres, devenus moteurs d'une croissance économique mondiale soutenue. Le troisième imagine « une course à la biomasse » concurrentielle, dans un monde fragmenté et en crise où la sécurité des approvisionnements énergétiques est devenue prioritaire. Le dernier met en scène « des systèmes énergétiques territorialisés, diversifiés, et orientés vers l'efficacité énergétique », ils mobilisent la biomasse pour une diversité d'usages.

Certains participants ont refusé avec force l'exercice, beaucoup l'ont contourné en affirmant que leur objet de recherche était dans tous les cas indispensable, les derniers s'y sont pliés allègrement. Mais tous, en soirée, ont exprimé leur accord pour n'aucunement lier les solutions qu'ils proposaient à tel ou tel scénario, dans le compte-rendu final produit à destination de l'ANR. Cet atelier de réflexion prospective, pour des raisons de *timing*, mais aussi à cause de cette indécision structurelle, ne sera suivi d'aucun programme de financement résultant des travaux de ces deux années de réunions et débats entre collectifs scientifiques, contrairement à ce qui était annoncé initialement.

Les groupes qui ont porté les premières actions de recherche, et écrit les premiers appels à projets concrètement repris par les agences, n'ont pas davantage su trancher dans la multiplicité des filières envisageables.

J'ai connu la création du PNRB : j'étais dans les groupes de travail qui ont fait sortir le PNRB il y a 5 ans. Mais il y avait cette approche où on voulait couvrir toutes les filières et toute la chaîne. Donc il y avait une thématique ressources, les thématiques conversions : voie thermo-chimique et voie biologique, et puis ensuite la thématique de vue d'ensemble, les ACV etc. Et bon clairement, dans le groupe de travail à l'origine du PNRB, eh bien il fallait couvrir tout, et il fallait que tous les acteurs autour de la table puissent trouver leur compte. On était exhaustifs et du coup il a été lancé des appels pour travailler sur tous ces aspects-là... Je me rappelle, dès le début, avoir dit qu'il faudra peut-être faire des choix, parce que travailler sur tous ces sujets, et à fond, ça va coûter très cher, on n'a pas les moyens... Pas plus les moyens en France, qu'un acteur tout seul, ou même que

l'Europe ! Je sentais bien que quand on amenait le débat sur cette dimension-là, ça ne suscitait pas toujours un enthousiasme de tous les acteurs...¹⁴

Cette actrice prône d'orienter en Europe la focale sur le développement des biodiesels, afin de réduire les importations de gazole, au détriment de l'éthanol que, paradoxalement, la France exporte. Nous avons pu mesurer à Lyon, lors de sa prise de parole au sein d'une table ronde de l'*European Biomass Conference* où elle représentait la plateforme européenne industrielle technologique sur les biocarburants, combien ce discours appelant à opérer des choix nets, en fonction d'intérêts économiques industriels et nationaux, était en effet peu partagé.

5.2.2 Tensions dans l'évaluation

Il aurait été intéressant, à la manière de Michèle Lamont (2009), de suivre concrètement les réunions de comités scientifiques d'évaluation et de pilotage où les experts orientent directement, effectivement, les actions de recherche, par leur sélection de projets à financer ou à écarter. Ou, tout au moins, d'obtenir un accès aux propositions de projets refusés, afin, *a posteriori*, d'analyser le pouvoir d'ajustement et réorientation de ces comités face à l'espace des innovations possibles. Nous avons réussi à convaincre le directeur du programme Bioénergies de l'ANR, ainsi que son homologue du programme thématique en sciences sociales, de la pertinence d'une telle étude ethnographique, et nous sommes assuré de leur soutien. Après des mois d'espoir, le directeur adjoint de l'ANR, en accord avec sa directrice, nous a finalement refusé l'accès à ce terrain sensible : « *Sauvons la recherche* veut nous faire la peau. Le ministère veut nous faire la peau. Dans ce contexte, une description, même fidèle, du processus de *peer review* serait contre-productive ». ¹⁵ L'honnêteté de cette réponse met d'autant plus en avant la fragilité institutionnelle de cette agence, telle que nous l'avons décrite auparavant. Nous avons donc dû nous contenter de renseigner cette dimension par nos seuls entretiens avec des experts desdits comités, qui avaient en outre reçus pour consigne formelle de ne pas dévoiler le contenu de ces échanges soumis au secret.

Une hégémonie des approches biochimiques ?

Certains acteurs déplorent des pondérations différenciées entre les sous-thématiques du domaine. Ainsi, la décision de ne pas ouvrir sur une année l'un des 4 axes thématiques et donc de ne plus soutenir de projets de transformation par la voie thermochimique (le prétraitement des ressources en biomasse – les technologies et cinétiques de gazéification – la liquéfaction du syngaz obtenu par le procédé Fischer-Tropsch – le traitement des résidus dits goudrons...), sauf s'ils répondaient à la dimension « briques technologiques » d'intégration industrielle, a hérissé ce chercheur au CEA :

14. Entretien avec la responsable Biocarburants chez Total, directrice de l'*European Biofuel Technology Platform*, 13 mai 2009

15. Conversation téléphonique particulière avec le directeur adjoint de l'ANR

L'ANR est totalement orientée voie enzymatique. La preuve c'est que le dernier PNRB n'était consacré qu'à cette voie-là. Donc c'est un scandale. Moi j'ai fait remonter, on m'a répondu : « bougez-pas, c'est transitoire... ». Je n'en crois pas un mot. C'est clair hein, c'est la pression des lobbies.[...] C'est moi qui l'avait rédigé, l'appel pour les biocarburants de deuxième génération par voie thermochimique. Mais je m'en suis un peu éloigné, parce que... Moi je suis un technicien, hein ! Et j'ai pas envie de me mêler de problèmes de lobbies, d'influence, de machin... J'ai pas envie de passer mon temps à influencer des gens, ça m'intéresse pas.¹⁶

Ce sujet constitue l'une des différences structurantes dans le développement des bioénergies en Europe et aux États-Unis. Pour le directeur du programme *Biomass* du DOE, la part importante d'énergie électrique européenne (expliquée par une incertitude géopolitique sur les approvisionnements en gaz naturel), et donc la diversité du mix énergétique du continent en général, explique que toutes les technologies de bioénergies, y compris celles de conversion en électricité, soient exploitées, quand les États-Unis se concentrent plus exclusivement sur la forme des biocarburants. En ce qui concerne les procédés thermochimiques, qui peuvent aussi résulter en une énergie liquide, il note que la pyrolyse est prometteuse, pas la gazéification.

Les indicateurs économiques actuels indiquent que la gazéification est bonne pour la génération d'électricité, mais pas si bonne pour les carburants liquides. La gazéification peut se faire à petite échelle, localement, mais pas la transformation en carburants liquide. C'est donc secondaire pour nous, nous l'avons effectivement mise en veilleuse.¹⁷

Notre visite de laboratoires de la Michigan State University, qui participent à l'un des trois grands centres de recherche sur les bioénergies américains – le *Great Lakes Bioenergy Research Center* –, ainsi que notre observation sur place d'un colloque scientifique rassemblant nombre de chercheurs en bioénergies des quatre coins des États-Unis, ont permis de confirmer la très forte concentration de recherches sur les seuls procédés de transformation biochimique de la biomasse, et notamment l'hydrolyse enzymatique à partir de matières premières forestières.

Au sein des comités d'évaluation et de sélection des projets, le *modus vivendi* a longtemps consisté à laisser chaque communauté trier ses propres projets, puis répartir quasi-équitablement les ressources entre les différents axes. La multiplication des voies biochimiques a cependant engendré des problèmes dans la gestion concrète de la répartition dans un contexte davantage multidisciplinaire qu'interdisciplinaire.

C'est la nature humaine. En fait, le vice, il est là. Il n'est pas dans les textes : il n'est pas dans l'appel à projet, mais dans la composition de la commission. Il y a eu un certain nombre d'écueils. Il faut que ceux qui sont compétents s'expriment, il faut que ceux qui ne sont pas compétents sur un sujet posent leurs questions, mais ne s'expriment pas en jugements de valeur. [...] Si vous demandez à un thermochimiste de s'exprimer sur la biologie, il ne comprend rien ! Enfin, il a jugement intéressant, mais bon la concierge en a un aussi !! Par contre, le thermochimiste peut poser des questions qui vont paraître naïves et qui vont obliger à structurer le discours du biologiste de manière différente. Ce n'est pas un effort de rhétorique, de dialectique, c'est vraiment amener à structurer, à bien faire sortir les points positifs et négatifs. On ne peut pas dire que l'ANR ou l'ADEME fonctionnent mal. Ça dépend de la composition du comité, il ne faut pas qu'il y ait de conflits à l'intérieur. S'il y en

16. Entretien avec le directeur d'un laboratoire de thermochimie au CEA, 20 mar. 2009

17. Entretien avec le directeur du programme *Biomass* de l'*United States Department of Energy*, 8 juin 2011, notre traduction

a qui viennent en disant qu'ils vont faire la peau à l'autre communauté – il y a des gens qui sont connus pour ça – il faut les éviter ou alors, il faut les contrôler.¹⁸

C'est donc dans le jeu subtil de composition d'un comité, dans la capacité du responsable de programme à mener les échanges en son sein, et dans la propension de chacun de ses membres à se projeter dans une discussion constructive, que résident la réussite ou l'échec d'une évaluation « interdisciplinaire ». Par l'expression de tensions vives, d'une incompréhension réciproque entre tenants d'une approche biochimique et thermochimique, nous voyons cependant que déduire l'émergence d'une communauté en bioénergies à partir de l'existence de ces programmes de financements et de leurs comités de sélection de projets, est illusoire. Nous n'irons pas plus loin dans ces considérations, par manque de matériaux ethnographiques concrets qui nous permettraient d'analyser, en pratique, la mise en acte de jugements et valeurs scientifiques.

La répartition des rôles entre comité scientifique et comité de pilotage

Le processus de sélection à l'ANR, pour les projets qui répondent aux critères administratifs, est réparti entre un comité scientifique d'évaluation, où siègent des chercheurs experts qui produisent un classement sur la base des rapports produits et de la discussion collective, et un comité de pilotage, où l'on retrouve en nombre des représentants de grands groupes, notamment énergétiques, dont le rôle est de valider, mais aussi parfois de modifier le classement scientifique en fonction d'orientations dites « stratégiques ». Des membres du comité scientifique se sont plaints de telles permutations, qui remettaient, selon eux, en cause leur expertise collective.

Les collègues de l'ANR s'en sont bien expliqués, en disant qu'il y a des pondérations. Vous ne pouvez pas négliger les pondérations politiques, elles ne me sont pas apparues clientélistes. La France a une stratégie, alors elle a décidé – je vais dire une bêtise – de mettre l'accent sur les chaussures rouges. Il n'y a eu qu'un dossier, il a donc été reclassé parce qu'il fallait qu'il y ait un truc sur les chaussures rouges. Après est-ce qu'on a le droit, est-ce qu'on n'a pas droit, dans ces cas-là, moi je surpasserais mon rôle de simple évaluateur, vous voyez ?¹⁹

Cette chaussette rouge nous apparaît très thermochimique. C'est un projet industriel initialement mal noté par le comité d'évaluation, qui a été repêché au détriment d'un projet plus théorique, biochimique. L'ANR n'est pas rancunière : le membre du comité scientifique le plus virulent dans la dénonciation de ce reclassement par le comité stratégique, a été par la suite nommé responsable de programme. Sur le principe-même, à l'ADEME aussi, on considère que le comité de pilotage joue un rôle stratégique essentiel.

La qualité scientifique d'un projet n'en fait pas pour autant un projet prioritaire. Il y a parfois des PME, des petites structures qui n'ont pas les moyens des grands laboratoires de recherche ou de grandes entreprises qui ont des batteries d'ingénieurs et de docteurs ès sciences qui grattent comme des pros. [...] L'analyse très académique que fait le conseil scientifique, elle est importante, mais

18. Entretien avec le délégué scientifique Développement durable de l'INRA, directeur de l'institut Carnot 3BCAR, professeur au Collège de France (chaire annuelle), 10 fév. 2011

19. Entretien avec le directeur d'un laboratoire de biotechnologies des algues de l'IFREMER, 3 oct. 2011

quelquefois il faut aider les autres... C'est peut-être ça qui s'est passé la dernière fois, je ne me rappelle pas.²⁰

Ce qui a tendance à énerver des membres des comités scientifiques, pour qui la fiche d'évaluation et les consignes données aux rapporteurs prennent déjà en compte ces critères économiques et sociaux ; cela constitue un tout.

Dans le premier tour, on a aussi regardé l'utilité, on n'a pas fait que la science ! Ce n'était pas de la science en l'air qui a été évaluée.²¹

On peut alors voir émerger une certaine tension quant au rôle ambivalent joué par des grandes entreprises et les établissements publics à caractère industriel et commercial qui siègent au comité de pilotage. Le responsable de programme à l'ANR, pourtant très industriophile, mais davantage encore nationaliste, dénonce leur double jeu.

Le PNRB était assez lourdement embourbé dans un système de méritocratie aux grands groupes. On les connaît bien : le CEA, EDF, IFP et ainsi de suite. [...] Sachant que les grands groupes, et on s'en est bien rendu compte assez rapidement, ont dans ces appels d'offres une stratégie qui consiste à acheter leurs vrais procédés à l'étranger. [...]. Les gros intervenants, leurs technologies, celles qui vont porter sur des démonstrateurs industriels, sont des technologies étrangères, et quand ils remontent sur des opérations ANR, en associant des universitaires très bons au demeurant, plein de trucs bourrés d'équations et de dérivées partielles, ça se termine toujours par la cinétique de gazéification. [...] Ils sont très contents dans ce système : leur recherche, ils n'ont pas besoin de la fiabiliser dans la mesure où ils rachètent et ils ont tout leur *staff* juridique derrière, qui sera prêt à contester l'achat de la licence si ça ne marche pas. Et ils s'amuse un petit peu, bon c'est trop méchant de dire de ça, ils développent leurs connaissances générales sur les procédés avec des études à caractère plutôt académique.²²

Certaines contraintes, notamment celle, pour avoir plus de chance de se faire accepter, de se faire labelliser par un pôle de compétitivité, qui lui-même impose des alliances avec des industriels régionaux, sont aussi ponctuellement remises en cause. Plus qu'une simple aversion pour les grandes industries, c'est finalement leur capacité à évaluer une innovation de rupture, et leur propension naturelle à contrer un potentiel futur concurrent, qui sont questionnées.

5.2.3 L'émergence d'un nouvel axe thématique : le cas des microalgues

La première fois que j'ai essayé de contacter des groupes quand même assez importants, type PSA, Renault... Je caricature un petit peu, mais il y a des mecs qui m'ont presque dit : « Excusez-nous monsieur, mais nous on fait des choses sérieuses ici ». [rires] Parce que ça paraissait... à l'époque, personne n'en avait entendu parler...²³

Ce chercheur en mathématiques appliquées, porteur du premier projet sur la production de biocarburants à partir de microalgues en France, retrace son parcours pour faire apparaître

20. Entretien avec le directeur du département Bioressources à l'ADEME, 7 avr. 2011

21. Entretien avec le délégué scientifique Développement durable de l'INRA, directeur de l'institut Carnot 3BCAR, professeur au Collège de France (chaire annuelle), 10 fév. 2011

22. Entretien avec le responsable du programme Bioénergies de l'ANR, 27 fév. 2009

23. Entretien avec un chercheur en mathématiques appliquées de l'INRIA, 24 mar. 2009

comme légitime cette nouvelle piste de recherche, alors que les appels à propositions des programmes nationaux de recherche ne mentionnaient pas encore cette approche.

J'ai essayé de faire un peu de lobbying en appelant le responsable de l'ADEME, pour lui expliquer un petit peu la thématique. Il m'a dit qu'il ne connaissait pas du tout, qu'il allait se renseigner, il avait l'air de trouver ça intéressant [...] Il m'a dit : ces appels d'offres on les fait parce qu'il faut bien faire quelque chose, il faut bien donner un cadre, mais des projets qui seraient intéressants quand même mais qui ne rentreraient pas dans le cadre, il n'y a pas de raison qu'on ne les prenne pas. On a déposé le projet et en juillet-août j'ai reçu une lettre de l'ANR disant que malheureusement, ils étaient vraiment désolés mais ils n'avaient pas pu prendre notre projet parce qu'il ne correspondait pas du tout à l'appel d'offres, ce qui m'a un peu fait sourire. [...] Mais je suis entré moi-même dans le système, dès lors que le responsable de programmes a fait appel à moi pour participer à l'élaboration de l'appel d'offres qui allait suivre.²⁴

Il ne fut pas dur de convaincre de la pertinence de cette nouvelle voie, dès lors que d'autres pays industrialisés s'y mettaient également. Mais ce qui fut inscrit dans les axes de l'appel à projets suivant, ce n'était pas seulement la possibilité de proposer un projet en bioénergies avec pour ressources des microalgues productrices de lipides. Certains groupes économiques avaient déjà agi de telle sorte à ne promouvoir qu'un agencement très singulier de ces nouvelles activités.

L'aspect micro-algues a été mis, mais il y a des choses qui ont été rajoutées aussi : c'était un peu plus précis, ils voulaient que ce soit en photobioréacteurs. Les sous-entendus qui n'ont pas été explicités dans le programme, c'est qu'il pouvait y avoir des OGM et donc qu'il fallait que ce soit en photobioréacteur. La contrainte photobioréacteur, c'est une contrainte énorme sur ce type de technologie, je ne suis pas du tout sûr que ce soit pertinent. [...] Des gens utilisaient déjà des photobioréacteurs et des micro-algues, mais pour faire du biohydrogène. Il y avait déjà des appels d'offres en ce sens, le fait qu'ils on fait un peu de lobbying, et il y a des gens qui ont tout de suite vu des OGM... Même si ce ne sont pas des champs, un bassin d'OGM ça faisait peur, alors que si c'était en photobioréacteur... [...] Ce n'est pas une bonne idée de contraindre comme ça, surtout que ça venait pas de débats d'experts, fondamentalement. C'est un peu d'arbitraire qui s'est invité.²⁵

La capacité d'ajustement et réorientation des agences de financement de la recherche et des comités qui y exercent leur expertise, s'est donc avérée efficace, dès lors qu'il s'agissait d'ajouter une énième approche à un répertoire déjà très hétérogène. Si ces agences ne parviennent pas à opérer des choix stratégiques forts dans cette pluralité de filières, on peut constater que, subrepticement, elles catalysent les innovations selon des agencements spécifiques, qui mettent en avant des non-dits discutables, tels la contrainte des photobioréacteurs pour favoriser le développement de microalgues potentiellement génétiquement modifiées, en lieu et place des bassins ouverts dits *raceways*.

Le cadrage thématique par domaine de recherche constitue effectivement l'opportunité, pour des agences de financement de la recherche, d'affirmer leur rôle structurant dans la dynamique de constitution d'une communauté professionnelle, scientifique. Et d'y appliquer certaines de leurs valeurs managériales. Mais ce processus reste cependant fragile. La prégnance des différents axes de recherche, et notamment l'opposition entre thermochimie et biochimie n'a pas

24. Entretien avec un chercheur en mathématiques appliquées de l'INRIA, 24 mar. 2009

25. Entretien avec un chercheur en mathématiques appliquées de l'INRIA, 24 mar. 2009

permis l'émergence d'une réelle communauté interdisciplinaire œuvrant sur les bioénergies. De même, l'absence d'une réelle « esthétique » partagée, faite de cultures et valeurs scientifiques concrètes et non de discours véhéments et très généraux sur la recherche finalisée ou le développement industriel, fait défaut. Les valeurs collectives que nous avons mises au jour dans le chapitre précédent, au travers des trajectoires et réflexivités d'acteurs, n'ont pas été mobilisées collectivement.

Ce sont des acteurs industriels, soutenus notamment par la Commission européenne, qui ont inventé les concepts et les structures soutenant une culture du développement des bioénergies en Europe, sous la forme d'un agencement sociotechnique particulier nommé « bioraffinerie ».

5.3 La bioraffinerie pour agencement sociotechnique ?

Nous avons constaté l'absence d'une culture scientifique explicite, propre à structurer le monde des bioénergies en une communauté sur la base de valeurs partagées. Certains acteurs privés se sont donc emparés de la question et ont porté des formes particulières, localisées, de structures industrielles : des pilotes, plateformes, ou encore « démonstrateurs » de recherche, sous l'égide d'un unique concept : la « bioraffinerie ».

5.3.1 L'imaginaire de la « bioéconomie fondée sur la connaissance »

Hormis les équipes et comités scientifiques des programmes nationaux de recherche, quelles formes ont pris les collectifs spécifiquement dédiés aux bioénergies ?

De plus en plus de journaux scientifiques se sont progressivement spécialisés autour de cette question : ainsi *Agricultural Wastes* (1979–1986) s'est transformé en *Biological Wastes* (1987–1990), puis, après avoir absorbé *Energy in Agriculture* (1981–1988) et *Biomass* (1981–1990), est devenu jusqu'à aujourd'hui *Bioresource Technology* (1991), une revue phare très fortement cotée. Il en va de même pour la déjà ancienne *Biomass & Bioenergy* (1991), alors que des journaux moins prestigieux sont apparus plus récemment, tel *Biotechnology for Biofuels* (2008), ou encore *Biofuels* (2010). Mais ces vecteurs de publication scientifique opèrent à l'échelle internationale ; leurs comités éditoriaux ne sont pas européens, et encore moins français. Aucun acteur interviewé ne participait ainsi aux comités de rédaction de ces revues : dans le cadre national et européen d'étude qui est le nôtre, ces espaces relatifs à l'écrit ne jouent pas un rôle déterminant.

Nous avons, de même, pu constater une assez faible adhésion des acteurs français à des associations ou conférences scientifiques propres aux bioénergies, telle la *European Biomass Conference and Exhibition* et ses divers réseaux, qui proposent un rendez-vous annuel depuis 1992. Si les Français furent nombreux en 2010 à se rendre à Lyon pour y présenter leurs travaux, ils avaient en grande majorité disparus l'année suivante à Berlin. Les Allemands et les Italiens, nationalités des deux structures organisatrices de ce lucratif rendez-vous, fortement soutenu par

la Commission européenne, sont d'ordinaires les plus nombreux ; on remarque aussi une importante participation scandinave. La concentration française sur la production de biocarburants liquides pour les transports – à l'instar des États-Unis –, explique aussi ce repli national scientifique et surtout industriel, selon un organisateur de la direction générale à la recherche de la Commission.²⁶ Ce que confirme son ancien collègue et fondateur de l'Association européenne de promotion de l'industrie de la biomasse.²⁷

Au sein de ces espaces à la fois politiques, réglementaires, lobbyistes et agro-industriels européens, prit forme un concept singulier, la bioraffinerie. Sur le modèle de la raffinerie pétrolière, c'est un ensemble intégré de productions à usages multiples : carburants, chaleur, puissance, matériaux, plastiques, produits alimentaires animaux ou humains, cosmétiques, produits pharmaceutiques... que l'on envisage produire à partir de la biomasse, au sein d'une même et unique unité industrielle. Biocarburants, bioénergies, biomatériaux, bioplastiques, etc. : c'est toute une nouvelle chimie, dite « verte », qui invente des débouchés nouveaux pour les ressources agroforestières. Dans cet écosystème, les biocarburants constituent le produit le plus grossier, le plus brut, qui fournit les plus gros volumes, mais pour une faible valeur ajoutée à l'hectolitre ; à l'inverse des molécules complexes, à usage cosmétique ou pharmaceutique, rares car difficiles à synthétiser, mais extrêmement rentables à l'unité. Des premières bioraffineries existent déjà dans le Nord de l'Europe, par exemple en Finlande : il s'agit d'industries papetières, qui à la production de ramettes et de cartons, unissent des débouchés énergétiques et la fabrication de divers bioproduits.

L'Agence internationale de l'énergie (IEA) a défini le bioraffinage comme le principe durable de transformation de la biomasse en énergies et produits ; de telles unités industrielles étant censées s'installer localement au plus près des sources de biomasse, et redistribuer localement et régionalement ses productions, y compris énergétiques. Ce qui ne va pas de soi : les ressources forestières non disputées, souvent difficiles d'accès en moyenne et plus haute montagne, ne verront probablement pas naître de telles bioraffineries à proximité de leur lieu de récolte. Si elles se calquent sur le modèle des raffineries pétrolières et la localisation actuelle des unités de production de biocarburants, il y a fort à parier que c'est dans des zones industrielles portuaires qu'on retrouvera ces unités industrielles.

La Commission européenne ne s'est pas contentée du seul concept de bioraffinerie ; elle a imaginé tout un régime de production de connaissances, à l'origine de nouveaux développements économiques et industriels, sous l'acronyme de KBBE : *Knowledge Bio-Based Economy*, ou bioéconomie fondée sur la connaissance. Le septième programme cadre de financement de recherches (FP7) comprenait un programme de coopération ainsi labellisé, et pourvu d'une enveloppe budgétaire de 2 milliards d'euros. Certains acteurs, prenant acte du (relatif) épuisement

26. Entretien avec un expert Bioénergies de la Commission européenne, Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport, 7 juin 2011

27. Entretien avec le directeur de l'association européenne de promotion de l'industrie de la biomasse (EUBIA), 10 juin 2011

des ressources pétrolières, et prônant le modèle brésilien du développement du bioéthanol à partir de canne à sucre, vont même jusqu'à évoquer l'idée d'une toute nouvelle « biocivilisation » à venir !²⁸

Allaire et Wolf (2004) s'étaient déjà penchés sur le rôle joué par de telles représentations cognitives, dans le domaine de l'innovation agroalimentaire.

Une trajectoire d'innovation correspond au couplage fulgurant entre les biotechnologies et les technologies de l'information, pour fabriquer des produits qui se distinguent par ses éléments constitutifs. Il s'agit d'un modèle basé sur une logique cognitive de décomposition et recomposition.

Allaire et Wolf (ibid., p. 431), notre traduction

C'est en effet l'idée de la bioraffinerie : des biomasses hétérogènes (à la fois entre elles, mais aussi en elles-mêmes, de par les différences de structures entre les fibres, les parois, le feuillage, et les fruits d'un végétal) sont composées d'une multiplicité de molécules, et notamment des sucres plus ou moins complexes, qu'il s'agira de synthétiser et transformer pour produire toute une gamme de produits. La logique de décomposition / recomposition décrite par Allaire et Wolf (ibid.) traduit parfaitement cette idéologie. Ce modèle de bioraffinerie repose donc sur des technologies de transformations biochimiques, et en particulier l'hydrolyse enzymatique qui permet de produire de l'éthanol. Il est moins lié aux transformations thermochimiques, à la filière du biodiesel, ou encore aux ressources rudologiques ou marines.

Levidow, Birch et Papaioannou (2012) ont critiqué avec virulence l'idéologie sous-jacente au développement d'une bioéconomie fondée sur la connaissance, et sa mobilisation comme agenda de recherche par la Commission européenne. Selon eux, cette infrastructure narrative dissimule en réalité deux visions concurrentes de la non-durabilité des filières agro-industrielles actuelles, et des solutions pour y remédier. Chacune de ces visions lie un paradigme technoscientifique à un paradigme qualitatif :

La vision dominante dans les sciences de la vie combine des technologies convergentes avec l'idée de décomposabilité, alors qu'une perspective marginale combine une approche agro-écologique au respect de l'intégrité du produit.

Levidow, Birch et Papaioannou (ibid., p. 94), notre traduction

Militant pour la seconde, ces auteurs dénoncent la logique de décomposition des différentes biomasses, qui prévaut dans la première approche biotechnologique, celle de la bioraffinerie.

Si le développement d'imaginaires (Flichy 2001), et d'infrastructures narratives (Deuten et Rip 2000) est essentiel dans le développement technologique, il nous faut cependant analyser si ces espoirs et craintes sont fondés, et si ces concepts sont concrètement réalisés dans un dispositif sociotechnique.

28. Entretien avec un directeur d'études honoraire en sociéconomie à l'EHESS, expert à l'ONU, 4 fév. 2009

5.3.2 L'état des pilotes, plateformes et démonstrateurs de recherche

Les agences de financement de la recherche ne sont pas totalement maîtresses de la manière de conduire un appel d'offres. Des règles encadrent leur capacité d'action : ainsi, les pouvoirs publics leur ont refusé des configurations plus fermées qui permettraient une plus forte intégration des filières ; ce qu'ils ont par la suite autorisé et largement financé pour des conglomérats portés par des acteurs industriels.

Lorsqu'on a monté le programme PNRB, on l'avait structuré pour avoir une cohérence de communautés entre ressources et les *bioprocess*. On avait tout ficelé comme cela. Lorsqu'on a présenté ça aux pouvoirs publics, on nous a dit : on ne peut pas faire de l'aide publique à système fermé. Vous tronçonnez et on retrouvera cela dans les appels d'offres. Et on est arrivés au PNRB avec l'axe 1 machin, l'axe 2 truc... Donc c'est le poids aussi des institutions et du mode de financement de la recherche, des financements publics, qui fait que partir sur un *cluster* fermé... C'est impossible ! C'est pour ça que FUTUROL, c'est relativement exemplaire. [...] Je pense que c'est le fait d'avoir des gros acteurs industriels, qui nécessairement ferment le jeu.²⁹

Laboratoires, pilotes, démonstrateurs : ces nouveaux types de projets, de plus en plus gros et chers, sont censés progressivement tendre vers la production effective, industrielle, en adressant des problèmes de moins en moins théoriques, de plus en plus appliqués.

Il y a le laboratoire, où on fait la preuve de concepts, donc on va vous démontrer que, par une bestiole, on est capable de faire de l'éthanol en utilisant du bois. C'est la preuve du concept : c'est nécessaire. L'inconvénient du labo, il faut bien le savoir, c'est que ça ne coûte pas cher. N'importe qui peut le faire. [...] Quand vous êtes à la paillasse, tous vos micro-organismes sont sur la même phase de temps, même phase de développement, le milieu est isotrope en température, pression, montée en pression, etc. À partir du moment où vous passez en pilote, vous allez pouvoir considérer des milieux réels où vous avez des hétérogénéités à l'intérieur, de température, etc. [...] Et, ensuite, on passe aux démonstrateurs. Le démonstrateur, c'est tout l'ensemble qui fonctionne à la même échelle, alors que le pilote, c'est juste un bout. En fait, un démonstrateur de bioénergies, pour regarder comment vous allez pouvoir partir d'un champ, en gros, et obtenir de l'éthanol.³⁰

Le pilote FUTUROL, soutenu par le pôle de compétitivité Industries et Agro-Ressources et porté par la structure ARD (Agro-industrie Recherches et Développements), une filiale du groupe coopératif Vivescia (anciennement et plus explicitement, Champagne Céréales), fut la première grande opération industrielle française en bioénergies, financée à hauteur de 70 millions d'euros : à moitié par l'OSEO, une délégation de service public finançant l'innovation industrielle et à moitié par des acteurs privés (banques, coopératives céréalières). Il implique de nombreux laboratoires de l'INRA, et a pour but le développement d'une licence dans le domaine de la bioraffinerie.

L'ADEME s'est vu confier la sélection et le suivi de deux « fonds démonstrateur recherche » pour le financement de pilotes à hauteur de 30 à 50 millions d'euros. Le premier lauréat est le projet BioTFuel, soutenu par la région Picardie et coordonné par le consortium Bionext qui associe Axens, le CEA, l'IFPEN, Sofiprotéol, Total et ThyssenKrupp. Ce projet a reçu 33 millions d'euros de l'ADEME sur un total de 112 millions d'euros investis, pour réaliser deux

29. Entretien avec un ancien président de centre, en charge de la thématique Biomasse à l'INRA, 12 mar. 2009

30. Entretien avec le délégué scientifique Développement durable de l'INRA, directeur de l'institut Carnot 3BCAR, professeur au Collège de France (chaire annuelle), 10 fév. 2011

unités de production de biodiesel et kérosène à partir de procédés de gazéification puis liquéfaction Fischer-Tropsch de biomasse forestière. Coordonné par GDF Suez et doté d'un budget de 47 millions d'euros, le projet Gaya a pour ambition d'industrialiser la filière de production de biométhane de deuxième génération d'origine renouvelable, à partir du gaz de synthèse.

Pour cause de simple application d'un processus étranger, la mission parlementaire Jarry a exclu le projet porté par le CEA à Bure de la liste des pilotes finançables. Pour près de 100 millions d'euros, le CEA a néanmoins choisi de faire cavalier seul en lançant son propre appel d'offres. Les Instituts d'excellence sur les énergies décarbonnées (IEED) PIVERT – Picardie Innovations Végétales, Enseignements et Recherches Technologiques – et, dans une moindre mesure, France Énergies Marines, financés par l'ANR au travers des Investissements d'avenir du Grand emprunt, viennent compléter ce panorama des gros pilotes industriels français dans le domaine des bioénergies.

Allaire et Wolf (2004) et Levidow, Birch et Papaioannou (2012) faisaient du respect de l'intégrité des ressources, et non leur seule mobilisation sous la forme décomposée, puis recomposée, de molécules, le garant d'un modèle plus qualitatif de développement durable des filières liées à la biomasse. Quels types de relations entretiennent concrètement les porte-paroles des recherches portant sur les ressources et les chercheurs qui développent des procédés de transformation, au sein des pilotes précédemment décrits ?

La tendance dans les filières bioénergies, c'est d'oublier l'amont, qu'il soit forestier ou agricole. On voit des consortiums sur la seconde génération, par exemple en Allemagne avec Choren, qui vont jusqu'à l'automobiliste, jusqu'au constructeur automobile, mais il n'y a personne à l'amont. Ça commence à l'entrée de l'usine ! Donc voilà, pour nous, être présents c'est aussi faire reconnaître qu'il y a de la recherche et qu'il y a une problématique sur l'amont et qu'il ne faut pas l'oublier.³¹

Pour ce directeur de laboratoire INRA et responsable du module Ressources au sein de Futurol, l'intégration des visions opposées privilégiant soit la ressource, soit les procédés de transformation, est un enjeu quotidien.

Un de mes combats en tant qu'animateur du module ressource, c'est un peu de faire ré-émerger ces questions-là. L'autre jour – je rigole, mais c'est vrai – un mec de l'IFP dit : « Ouf, on a commencé à faire une hydrolyse enzymatique sur le miscanthus, en gros il est un peu récalcitrant, on pourrait peut-être passer à une autre plante... » Du coup, nous on leur répond : « Ok, pour des raisons agronomiques, c'est les plantes qui nous intéressent, vous pourriez au moins faire des efforts pour modifier vos prétraitements ! ». ³²

Malgré des très importants financements publics et privés, ces plateformes sont-elles appelées à réellement – pour reprendre le terme de « démonstrateur » – démontrer la pertinence et la rentabilité de nouvelles approches et filières en bioénergies ? Ce spécialiste du biogaz chez

31. *Entretien avec la responsable Environnement & filières et le directeur scientifique chez Arvalis Institut du Végétal*, 27 fév. 2009

32. *Entretien avec le directeur d'un laboratoire sur les agroressources, et une ingénieure de recherche en CDD, de l'INRA*, 22 sept. 2011

GDF Suez en doute, car selon lui, le fait de réunir autour d'un même projet tant d'acteurs industriels signe, dès le départ, son échec. Pour lui, ce n'est tout simplement pas comme cela que l'industrialisation fonctionne.

Ce n'est pas là-dedans que les industriels vont mettre le paquet pour faire la différence. Total y est, mais Total investit ailleurs : il y est parce que les autres y sont, il n'y croit absolument pas. On sait très bien que dans ces projets collaboratifs, avec au moins trois ou quatre industriels, quand vous voulez industrialiser une filière, il faut payer des *royalties* à tout le monde et ça ne marche pas. L'industrialisation ne fonctionne pas comme ça. Ce n'est pas possible : un autre peut vous bloquer. Si Total ne veut finalement pas développer les filières, il ne veut pas vous vendre de licences ou alors il vous les met à un prix démentiel. En fait, c'est plus une volonté d'être présent pour faire en sorte de tuer une filière, ou de la ralentir, ou de faire en sorte qu'elle ne se développe pas, plutôt que l'inverse. C'est pour ça que dans ces projets, on sait qu'il y a une période de pré-compétitivité de trois ans dans laquelle il y aura des études, et franchement, la plupart des industriels qui sont présents ont déjà franchi cette étape. Total, tout le monde a déjà fait toutes ces études. [...] Après, ça ne veut pas dire qu'on n'en sortira pas des choses intéressantes.³³

Et même si ces initiatives réussissent, ne s'inscriront-elle pas, tout comme l'ester méthylique d'huile végétale, dans le régime de la miscibilité (cf. chap. 1)? Il y a fort à parier que si : seul le projet Gaya, porté par GDF Suez, remet en question la totale intégration des produits énergétiques finaux, dans le système sociotechnique déjà existant des carburants liquides traditionnels.

Parce que les porteurs de ces plateformes sont très regardants sur le secret industriel, et que seul le pilote Futurol existe aujourd'hui, concrètement, sous une forme matérielle, il nous est impossible d'étudier, à la manière de Timothy Lenoir (1997) ou encore Ashveen Peerbaye (2004), le rôle que jouent les futurs dispositifs instrumentaux sur les formes concrètes de collaboration de recherche, et industrielles. Peut-être une nouvelle identité, une culture des bio-énergies émergera-t-elle de la pratique de ces agencements sociotechniques que constituent ces plateformes. Mais au delà des grands discours sur la bioraffinerie, la bioéconomie, et la biocivilisation, ces expériences seront sans doute toutes très hétérogènes (Aggeri et al. 2007).

Conclusion

Tout porte à croire que le domaine des bioénergies ne constitue nullement une culture scientifique spécifique, et notre observation de collectifs spécifiquement dédiés à cette thématique confirme que les acteurs qui s'y sont engagés ne forment aucunement une communauté, mais au mieux un réseau d'interconnaissance. À chaque nouvel événement, correspond un cercle différent d'acteurs concernés.

Deux types de collectifs, toutefois, affichent pour objectif la structuration d'une communauté de recherche et l'émergence d'une réelle culture scientifique et industrielle autour des bioénergies. Il s'agit d'abord des agences de financement de la recherche, qui visent à asseoir leur légitimité professionnelle en réorganisant, par le truchement du financement de projets,

33. Entretien avec un chef de projet Bioénergies et Gaz verts chez GDF Suez, 17 oct. 2011

la recherche en thématiques stratégiques, qui définissent autant de domaines. Cette logique-là n'est pas propre aux bioénergies, même si ce domaine constitue l'un des principaux sujets de discordance entre l'ADEME et l'ANR.

Il s'agit ensuite de conglomérats industriels et de recherche, qui autour du concept de bio-raffinerie, promeuvent un nouvel idéal biotechnologique de production durable d'énergies et coproduits. Focalisée sur des procédés de transformation bio- et thermo-chimiques qui n'envisagent les ressources que sous la forme décomposée de molécules, cette approche suscite légitimement de nouveaux débats.

Conclusion générale

Le domaine des recherches

J'ai passé toute mon enfance sur un domaine. Durant laquelle ce mot ne cessa conjointement d'exercer une fascination, et de constituer une énigme à mes yeux. Teinté de féodalisme, il donnait une fière allure à mon adresse postale, alors que mes camarades de classe devaient se contenter d'habiter l'énième numéro d'une quelconque rue. Il était plus honnête que le « château », ce terme qui m'apparaissait usurpé, et qui était heureusement réservé aux seules étiquettes des bouteilles de vin. Nos bâtisses rustiques du XIXe siècle ne dupaient personne : ce qui, de loin, pouvait passer pour une tour, ce n'était qu'un ancien pigeonnier. Je me satisfaisais donc de vivre sur un domaine, que sa polysémie rendait délicieusement mystérieux.

Ce domaine, c'était d'abord un héritage reconstitué, une propriété : les plans du cadastre conservés dans le bureau de mon père délimitent et objectivent ainsi un territoire dont, aujourd'hui encore, je ne connais que très approximativement les frontières, vaguement matérialisées par une rivière, une départementale et des chemins de traverse, et quelques pinèdes. Il s'agit donc d'une addition de champs (un terme beaucoup plus terre-à-terre), de vignes, de cépages, sur des marnes calcaires et des molasses limono-calcaires limitées en profondeur par du grès. Qui « subit » des vents et des influences atlantiques et méditerranéennes. Ce sont aussi des murs : notre maison, une cave, un atelier, un bureau, un caveau... Alors que le vin est « mis en bouteille au domaine », il en est de fait le produit. Le domaine associe à la fois une pratique de la viticulture – l'interaction entre un vigneron, ses ouvriers et la vigne –, une pratique de la vinification – le contrôle de la fermentation « malo » en cuve, le vieillissement en fûts – et bien sûr son embouteillage, la promotion commerciale *etc.* : toutes les étapes de la plantation du cep à l'export des palettes. Le domaine, c'est le cœur de l'activité viticole, extrêmement interdisciplinaire, et tout orienté vers la production d'un bien à la fois matériel, social et culturel.

Je ne pousserai pas plus loin l'exercice réflexif, sauf pour constater que je partage avec les chercheurs qui se sont engagés dans le domaine des bioénergies, une origine agricole qui explique sans doute en partie mon intérêt pour ce sujet. La comparaison viticole me semble féconde en ce qu'elle mobilise le terme de domaine pour décrire les tenants et aboutissants de l'activité de tout un vignoble. Dans le monde scientifique aussi, la polysémie du domaine permet de saisir les multiples dimensions où, autour d'un même enjeu thématique, interagissent

une multiplicité d'acteurs. Je propose de revenir sur quelques résultats saillants de cette enquête, chapitre après chapitre, en les associant à plusieurs définitions courantes de ce mot.³⁴

1. Un riche et lourd héritage. Le domaine est historiquement lié aux *droits de propriété et possession*, et étymologiquement, à *la propriété foncière entourant une maison*, souvent de maître. Le premier chapitre de cette thèse a mis en évidence l'agencement singulier qui permet l'émergence en Europe d'un principal biocarburant : l'ester méthylique d'huile végétale issu du colza. Le caractère miscible de ce biodiesel, à la fois technique par son mélange physico-chimique dans les carburants dont il constitue une part, social par l'intégration totale des infrastructures et réseaux de production et distribution, et politique par les obligations d'incorporation, a concouru à une invisibilisation des biocarburants dans notre société, et donc leur méconnaissance.

Les bioénergies, comme tout domaine de recherche, héritent de cette histoire, de ces objets avec lesquels composer. Ce système sociotechnique constitue une matrice que toute innovation à venir ne peut ignorer, en particulier si elle vise à radicalement le transformer. La relative innocuité des controverses qui ont pris pour cible les biocarburants en sont une preuve.

2. *L'ensemble des biens appartenant à un groupe ou à une catégorie sociale*. Sous les expressions de domaine féodal, royal, public, on retrouve l'idée d'une liste, d'une énumération, de l'addition d'entités souvent disparates et qui constituent un tout non pas par le partage de propriétés intrinsèques, mais selon des catégories établies par ailleurs. Un domaine de recherche, au sens le plus strict, peut ainsi se définir comme l'ensemble des opérations de recherches conduites autour de cette thématique générale, dont notre recension au sein d'une base de données relationnelle de projets de recherche a montré qu'elles étaient très hétérogènes.

La tentative est alors grande d'essayer de donner un sens à cette profusion. Le concept de générations technologiques a ainsi prétendu rendre compte d'une histoire et d'une logique proprement scientifiques du développement des bioénergies. Ce concept tire aussi sa force de sa capacité à absorber une controverse, en isolant des ensembles de procédés qualifiés d'obsolètes, d'autres, prétendument exempts de tout reproche. Mais le terme de génération désigne en fait une nouvelle configuration des rapports de force entre acteurs en charge de la conduite de recherches, il traduit l'avènement d'un nouveau cadre d'innovation. Sans rien dire de sa pertinence.

3. *L'espace occupé par quelqu'un ou par quelque chose, qui se trouve sous son influence ou dans son champ d'activité*. L'exemple d'aire bioclimatique, ou du territoire d'une espèce faunique ou floristique, permet de mieux visualiser la dimension spatiale de cette signification.

34. D'après l'outil lexicographique du Centre national de ressources textuelles et lexicales, accessible en ligne : <http://www.cnrtl.fr/definition/domaine>

Le domaine de l'olivier et celui des arbres à feuilles caduques s'enchevêtrent ; entre celui-ci et les forêts de conifères du Nord, l'apparition des sols favorables ménage la transition.

Paul Vidal de La Blache, *Principes de géographie humaine*, 1921, p. 282

Dans l'écologie relationnelle des nombreux cadres de connaissances entre lesquels navigue un laboratoire, quelle influence le domaine de recherche exerce-t-il sur la production concrète des faits scientifiques ? Le troisième chapitre de cette thèse a cherché à analyser les métamorphoses d'un laboratoire à partir des transformations des ensembles de savoirs et pratiques qui s'y logent et le définissent. La participation à des domaines de recherche émergents constitue un moteur essentiel, mais non-identificateur pour les membres du laboratoire, de ses mutations. Elle permet en même temps la production collective de faits scientifiques nouveaux en maintenant épistémologiquement fécond leur système expérimental, et la valorisation de ceux-ci dans un système relationnel transformé. Mais cette influence ne s'accompagne pas de la création d'une culture en conséquence.

4. C'est mon domaine ! *L'ensemble de ce que quelqu'un connaît plus particulièrement, ce qui est de son ressort, de sa compétence* : voilà qui fait sens pour les chercheurs qui présentent leur parcours biographique en mettant en avant son caractère « atypique ». Ce faisant, ils lient leur ascension professionnelle et sociale à la mobilisation de compétences spécifiques acquises à travers l'exercice, parfois ingrat et dévalorisé, du métier de technicien. De leur point de vue, les bioénergies constituent un domaine précisément en ce qu'ils forment un espace d'interactions, un collectif qui reconnaît à sa juste valeur leur propre domaine de compétences. Ou qui, *a minima*, fournit l'opportunité d'en faire la preuve. Cette adhésion est renforcée par une sensibilité personnelle à certaines propriétés du domaine, notamment son orientation agricole.

Certains acteurs théorisent dans un mouvement réflexif cette légitimation de savoir-faire et métiers scientifiquement sous-évalués, en mobilisant des écrits en sociologie des sciences et de l'innovation. La notion de domaine de recherche est donc investie par ses propres acteurs ; c'est un outil conceptuel mobilisé à leurs fins. Son analyse sociologique ne peut donc être envisagée que dans une approche compréhensive.

5. *Les activités de l'esprit humain et de ses créations dans les arts, les techniques*. Le dictionnaire, assez significativement, propose pour cette acception les synonymes de monde, univers, étendue, champ, cercle, sphère. En effet, beaucoup d'acteurs des bioénergies se satisfont, au sein de leur activité créatrice, de la redondance et du périmètre flou d'un domaine de recherche au regard d'autres cadres de production de connaissances. Il est fallacieux de croire que la constitution d'une communauté unifiée autour des bioénergies, et son institutionnalisation disciplinaire, constituent des objectifs partagés par tous ceux qui se sont engagés dans ce domaine.

Mais certaines organisations agissent dans l'optique d'une telle structuration. Les agences de financement de la recherche co-construisent aujourd'hui leur légitimité en même temps que le périmètre de nouveaux domaines thématiques. Quant aux conglomérats agro-industriels de recherche, ils privilégient une esthétique, sous le vocable de bio-raffinerie. Ce concept promeut un nouvel idéal biotechnologique de production durable d'énergies et coproduits ; focalisé sur des procédés de transformation bio- et thermochimiques qui n'envisagent les ressources que sous la forme décomposée de molécules, il suscite légitimement de nouveaux débats.

La polysémie de la notion de domaine nous permet ainsi de penser la richesse des signaux d'émergence et développement desdites bioénergies. Au final, que penser de ces innovations ?

Nous ne pensons pas qu'il soit utile de porter ici un jugement personnel : par la multiplication des approches, ce travail visait précisément à fournir, à tout un chacun, les éléments nécessaires à l'appréciation de leur pertinence.

Nous souhaitons juste souligner qu'à notre sens, les bioénergies, de par la réalité et la prégnance de leur développement, sont aujourd'hui le visage concret des formes que notre société donne à l'action pour le développement durable, la lutte contre le changement climatique. Parce qu'il concerne une des principales énergies renouvelables à l'heure actuelle et à l'horizon 2020, ce cas d'étude d'un mode de réalisation de la transition énergétique, au-delà des seuls discours et des promesses écologiques, est précieux.

Pour conclure cette thèse, nous proposons une définition d'ordre sociologique des domaines de recherche. Nous les avons initialement présentés sous la forme de notion : « les cadres d'interactions entre l'activité professionnelle de chercheurs et la société autour d'une thématique partagée ». Notre étude du cas des bioénergies a permis d'en dégager des caractéristiques conceptuelles.

Nous identifions trois dimensions fondamentales à l'étude d'un domaine de recherche :

— *une dimension multi-située* ; c'est en parallèle, à de multiples échelles, que l'étude ethnographique d'un domaine prend sens. Cela évite d'imposer un point de vue spécifique sur une thématique inconnue, dont on souhaite comprendre les enjeux. En investiguant partout là où les bioénergies étaient mentionnées, nous avons ainsi voulu repérer et analyser des formes très diverses d'engagement.

Les cinq niveaux que nous avons singularisés, sur la base de la richesse des terrains respectifs, ne sont sans doute pas canoniques. Il ne s'agit pas de suivre des changements d'échelles liés à l'émergence ou au développement générique d'un domaine, mais d'étudier, en système, comment des interactions entre niveaux parallèles affectent sa forme et son contenu.

— *une dimension dynamique* ; comment ces cadres orientent et permettent-ils la production de connaissances, en action ? Que ce soit par l'histoire d'un objet et de son marché,

les dynamiques des opérations de recherche, les métamorphoses d'un laboratoire, les trajectoires de chercheurs ou encore les tentatives de structuration d'un collectif, ce sont toujours des processus de transformation mutuelle d'un domaine et d'un type d'acteur que nous avons étudié.

Contrairement aux processus dits de construction disciplinaire, nous ne pouvons pas présupposer des formes d'aboutissement de ces interrelations. À l'inverse des cycles d'émergence, développement et déclin des spécialités scientifiques, il est contre-productif d'imaginer un système logique qui présiderait à leur évolution. Une structuration minimale peut parfois contenter nombre d'acteurs ; c'est le cas des bioénergies depuis plus d'une vingtaine d'années.

- *une dimension réflexive* ; les domaines ne sont pas que des cadres analytiques au service du sociologue. Ce sont des outils conceptuels, dont se servent ses acteurs pour mieux porter leurs revendications, valeurs, compétences et s'ouvrir ainsi de nouvelles opportunités. La construction conjointe de ces domaines, et des discours qui l'accompagnent peut donc se lire comme une démarche de légitimation.

En même temps que leurs recherches, les chercheurs construisent et véhiculent des discours épistémologiques. Il nous semble, sans que nous ayons en l'état la possibilité de le prouver, qu'un domaine de recherche s'associe préférentiellement à un type de méta-analyse du développement des sciences ou de l'innovation qui l'éclaire sous un jour favorable. Si les neurosciences s'apparient bien à la philosophie analytique, les bioénergies mobilisent préférentiellement la sociologie de l'innovation et les *science and technology studies*.

Quel concept de domaine ces critères définissent-ils ? Contrairement au cadre figé, internaliste, des spécialités scientifiques, l'étude de domaines de recherche ouvre beaucoup de perspectives nouvelles, notamment la possibilité d'être surpris par un développement, une forme d'engagement singuliers. Le domaine, c'est le seul cadre qui permet, en action, de comprendre simultanément l'émergence de nouvelles connaissances et les réseaux qui les portent : les influences réciproques du développement de contenus scientifiques et de structures sociales. Le domaine est à la discipline ce que la recherche est à la science.

Étudier le domaine des recherches, c'est appliquer aux cadres et à la sociologie des connaissances les principes théoriques qui ont nourri les tournants successifs de la sociologie des sciences et des techniques. La multiplication de telles études sur des domaines divers permettrait de mieux cerner ce qui relève de l'émergence et du développement de domaines de recherche en général, ou de l'un d'entre eux en particulier. Par exemple, la question du périmètre de ces domaines, ici cohérent à l'échelle nationale avec des stratégies, ressources et réseaux énergétiques, se poserait sans doute autrement ailleurs.

Références

Nous avons choisi de distinguer les sources relatives aux biocarburants et aux bioénergies (y compris analytiques) en *Sources primaires*, et les références plus génériques, sociologiques, soutenant notre enquête sur la notion de domaine de recherche, dans une *Bibliographie*.

Sources primaires

- Abbassi-Guendouz, Amel, Doris Brockmann, Eric Trably, Claire Dumas, Jean-Philippe Delgenès, Jean-Philippe Steyer et Renaud Escudié (2012). « Total Solids Content Drives High Solid Anaerobic Digestion via Mass Transfer Limitation ». In : *Bioresource Technology* 111, p. 55–61 (cf. p. 153, 154).
- Académie des technologies (2010). *Les Biocarburants*. Commission Énergie et changement climatique, groupe de travail Biocarburants. Paris : Le Manuscrit (cf. p. 95).
- Action automobile et touristique* (1981). Numéro 244 (page 7, colonne 3) (cf. p. 65).
- ADEME (2002). *AGRICE 2002, rapport d'activité* (cf. p. 117).
- (2007). *Des bioressources à l'industrie. AGRICE II, rapport d'activité 2001–2007*. Angers : ADEME Éditions (cf. p. 117).
- (2010). *Analyses de Cycle de Vie appliquées aux biocarburants de première génération consommés en France*. Étude réalisée pour le compte de l'Agence de l'environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, du ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer, du ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche, et de France Agrimer par BIO Intelligence Service (cf. p. 98, 128).
- (2011). *Feuille de route sur les biocarburants avancés*. Connaître pour agir, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (cf. p. 117).
- ADEME/DIREM (2002). *Bilans énergétiques et gaz à effet de serre des filières de production de biocarburants*. Rapport d'après les travaux d'Ecobilan PricewaterhouseCoopers (cf. p. 98).
- AFNOR (2011). *Biocarburants. Recueil normes & réglementation*. La Plaine - Saint-Denis : AFNOR Éditions (cf. p. 99).
- Allaire, Gilles et Steven A. Wolf (2004). « Cognitive Representations and Institutional Hybridity in Agro-food Innovation ». In : *Science, Technology, & Human Values* 29.4, p. 431–58 (cf. p. 242, 244).
- Arrêté du 10 juillet 2006 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations qui valorisent le biogaz*. Journal Officiel NOR : INDI0607869A. Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie (cf. p. 187).
- Assemblée Nationale (2015). *Projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte*. Adopté par l'Assemblée Nationale le 26 mai 2015 (cf. p. 126).

- Baffes, John et Tassos Haniotis (2010). *Placing the 2006/08 Commodity Price Boom into Perspective*. The World Bank Development Prospects Group, Policy Research Working Paper 5371 (cf. p. 96).
- Ballerini, Daniel (2011). *Les Biocarburants. Répondre aux défis énergétiques et environnementaux des transports*. Paris : Éditions Technip (cf. p. 60, 95).
- Ballerini, Daniel et Nathalie Alazard-Toux (2006). *Les Biocarburants. État des lieux, perspectives et enjeux du développement*. Paris : Éditions Technip (cf. p. 60, 95).
- Batstone, D. J., J. Keller, I. Angelidaki, S. V. Kalyuzhnyi, S. G. Pavlostathis, A. Rozzi, W. T. M. Sanders, H. Siegrist et V. A. Vavilin (2002). « The IWA Anaerobic Digestion Model No 1 (ADM1) ». In : *Water Science and Technology* 45.10, p. 65–73 (cf. p. 159).
- Baudin-Maurin, Marie-Pierre (2007). « L'affaire Valenergol : quel avenir pour l'aventure Tournesol ? » In : *Droit de l'Environnement* 154, p. 339–47 (cf. p. 89).
- Benabadji, Fadéla (2006). *Biocarburants, Questions / Réponses*. Boulogne-Billancourt : E-T-A-I (cf. p. 95).
- Bérégovoy, Pierre (1993). *Réponse du Premier ministre à la question écrite 23359 du 5 novembre 1992 du député Philippe Marini*. JO Sénat, 9^{ème} législature (cf. p. 85).
- Bertrand, Pierre (2007). *Huile végétale, un VRAI biocarburant*. Mens : Terre vivante (cf. p. 91).
- Blum, Léon (1936). *Discours devant les militants de sa circonscription*. Enregistrement radiophonique INA. Narbonne (cf. p. 147).
- BP (2015). *BP Statistical Review of World Energy 2015*. London (cf. p. 57, 70).
- Carolan, Michael S. (2009a). « A Sociological Look at Biofuels : Ethanol in the Early Decades of the Twentieth Century and Lessons for Today ». In : *Rural Sociology* 74.1, p. 86–112 (cf. p. 58).
- (2009b). « Ethanol versus Gasoline : The Contestation and Closure of a Socio-technical System in the USA ». In : *Social Studies of Science* 39.3, p. 421–48 (cf. p. 58, 59).
- (2010). *A Sociological Look at Biofuels : Understanding the Past/Prospects for the Future*. Energy Science, Engineering and Technology. Hauppauge, NY : Nova Science Publishers (cf. p. 58).
- CEE (1990). *Règlement (CEE) 2176/90 du Conseil du 24 juillet 1990 modifiant le règlement (CEE) 797/85 concernant l'amélioration de l'efficacité des structures agricoles*. Conseil Économique Européen (cf. p. 75).
- (1992). *Directive 92/81 du 19 octobre 1992 concernant l'harmonisation des structures des droits d'accises sur les huiles minérales*. Conseil Économique Européen (cf. p. 87, 89).
- Ceron, Jean-Paul (1987). *Biocarburants, politiques agricoles et occupation de l'espace*. T. 87.1. Énergie, économie et société. Paris : CIRED (cf. p. 61).

- Cour des comptes (2012). *La Politique d'aide aux biocarburants. Évaluation d'une politique publique*. Paris : La Documentation française (cf. p. 86, 96, 101, 102, 104).
- Courteau, Roland (1982). *Narbonne : maintien de la station oenologique*. JO Sénat, 7ème législature, question écrite 04173 (cf. p. 148).
- Crutzen, Paul J., A. R. Mosier, K. A. Smith et W. Winiwarter (2008). « N₂O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels ». In : *Atmospheric Chemistry and Physics* 8.2, p. 389–95 (cf. p. 98).
- Damien, Alain (2008). *La Biomasse énergie. Définitions, ressources, usages*. Paris : Dunod (cf. p. 95).
- Debatisse, Michel (1963). *La Révolution silencieuse : le combat des paysans*. Paris : Calmann-Lévy (cf. p. 73).
- Denis, Gilles (2008). « De l'Institut des recherches agronomiques au premier Institut National de la Recherche Agronomique (1916–1946) ». In : *Sciences, chercheurs et agriculture : Pour une histoire de la recherche agronomique*. Sous la dir. de Christophe Bonneuil, Gilles Denis et Jean Luc Mayaud. Paris : L'Harmattan (cf. p. 148).
- Dominicis, Ariane de (2011). *Les Biocarburants*. Paris : Le Cavalier Bleu (cf. p. 95).
- Doornboch, Richard et Ronald Steenblik (2007). *Biofuels : Is the Cure Worse than the Disease ? Round Table on Sustainable Development, Unclassified SG/SD/RT(2007)3/REV1*. Paris : OECD Publications (cf. p. 95).
- Duquette, Michel (1989). « Le Programme Proalcool et l'économie agricole au Brésil ». In : *Energy Studies Review* 1 (2), p. 115–29 (cf. p. 68).
- Eaton, Weston M., Stephen Gasteyer et Lawrence Busch (2014). « Bioenergy Futures : Framing Socio-technical Imaginaries in Local Places ». In : *Rural Sociology* 79 (2), p. 227–56 (cf. p. 78).
- Elkabbach, Jean-Pierre (2010). *Bibliothèque Médecis, émission « Recherche et Agriculture »*. Public Sénat. Date de diffusion : 26 fév. 2010 (cf. p. 208).
- État français. *Article 265 du Code des douanes (titre X : taxes diverses perçues par la douane, chapitre Ier : taxes intérieures)*. Code des douanes (cf. p. 87, 88).
- *Article 266 quindecies du Code des douanes (Taxe générale sur les activités polluantes / biocarburants)*. Code des douanes (cf. p. 102).
- EurObserv'ER (2014). *Baromètre Biocarburants 2014*. Paris (cf. p. 56, 69, 70).
- FAO, IFAD, IMF, OECD, UNCTAD, WFP, The World Bank, The WTO, IFPRI et UN HLTF (2011). *Price Volatility in Food and Agricultural Markets : Policy Responses*. Policy report. FAO, IFAD, IMF, OECD, UNCTAD, WFP, the World Bank, the WTO, IFPRI et UN HLTF (cf. p. 96).

- Fauroux, Roger (1989). *Politique énergétique de la France : déclaration du gouvernement et débat*. JO Assemblée Nationale, 9^{ème} législature, première session ordinaire de 1989-1990 (120^{ème} séance) (cf. p. 66).
- Flanzy, Michel (1976). *La station œnologique de Narbonne pendant trois quarts de siècle, 1895–1970*. Paris : INRA (cf. p. 147).
- Fondation Nicolas Hulot pour la Nature et l'Homme et Réseau Action Climat – France (2008). *Agrocarburants, cartographie des enjeux*. Boulogne-Billancourt, Montreuil : Fondation Nicolas Hulot pour la Nature et l'Homme et Réseau Action Climat – France (cf. p. 95).
- Galley, Robert (1992). *Discussion de l'article 66 du projet de loi des finances pour 1993*. JO Assemblée Nationale, 9^{ème} législature, première session ordinaire de 1992-1993 (121^{ème} séance, 3^{ème} séance de la journée) (cf. p. 76).
- Guthleben, Denis (2007). « Coup de soleil au CNRS... : la genèse du PIRDES ». In : *La Revue pour l'histoire du CNRS [en ligne]* 17 (cf. p. 63).
- Hervé, Edmond (1982). *Réponse du ministre délégué chargé de l'énergie à la question écrite 3553 du 12 octobre 1981 du député François Morlette*. JO Assemblée Nationale, 7^{ème} législature, Questions écrites remises à la présidence de l'Assemblée Nationale et réponse des ministres (cf. p. 65).
- Institut Français des Huiles Végétales Pures (2005). *En Route vers les biocarburants. Rapport de synthèse*. Agen : Institut Français des Huiles Végétales Pures (cf. p. 91).
- International Water Association (2002). *Anaerobic Digestion Model No.1*. London : IWA Publishing (cf. p. 159).
- Laparade, Lionel (1996). « L'huile végétale rend le Diester vert de jalousie ! » In : *La Dépêche du Midi* (cf. p. 88).
- Lardon, Laurent, Arnaud Hélias, Bruno Sialve, Jean-Philippe Steyer et Olivier Bernard (2009). « Life-Cycle Assessment of Biodiesel Production from Microalgae ». In : *Environmental Science & Technology* 43.17, p. 6475–81 (cf. p. 127, 170).
- Laurent, Brice (2015). « The politics of European Agencements : Constructing a Market of Sustainable Biofuels ». In : *Environmental Politics* 24.1, p. 138–55 (cf. p. 99).
- LBE (2004). *Rapport d'activités 2000-2003, à l'attention de l'Institut National de la Recherche Agronomique*. Narbonne : Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement (INRA) (cf. p. 176).
- (2006). *Mesure du potentiel méthane et estimation de la biodégradabilité anaérobie*. Protocole expérimental PE-MET-0001. Narbonne : Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement (INRA) (cf. p. 172, 174).

- (2009). *Rapport d'activités 2005-2009 à l'attention de l'Agence de l'Évaluation de la Recherche et de l'Enseignement Supérieur*. Narbonne : Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement (INRA) (cf. p. 176, 180).
- Legalland, Jean-Pierre et Jean-Louis Lemarchand (2008). *Biocarburants, 5 questions qui dérangent*. Paris : Éditions Technip (cf. p. 95).
- Levidow, Les, Kean Birch et Theo Papaioannou (2012). « Divergent Paradigms of European Agro-Food Innovation : The Knowledge-Based Bio-Economy (KBBE) as an R&D Agenda ». In : *Science, Technology, & Human Values* 38.1, p. 94–125 (cf. p. 242, 244).
- Lévy, Raymond H. (1993). *Les Biocarburants. Rapport de mission à l'attention du Premier ministre*. Paris : Ministère de l'Industrie et du Commerce Extérieur (cf. p. 73, 84–86).
- Marini, Philippe (1992). *Question au Premier ministre : utilisation des biocarburants*. JO Sénat, 9^{ème} législature, question écrite 23359 (cf. p. 85).
- Marleix, Alain (2004). *Rapport d'information de la Commission des Finances sur les biocarburants, numéro 1622*. Paris : Assemblée Nationale (cf. p. 89).
- Mathis, Paul (2007). *Quel avenir pour les bio-carburants ? Les Petites Pommes du Savoir*. Paris : Le Pommier (cf. p. 95).
- Mauguin, Philippe, Claude Bonfils et Hubert Nacfaire, éd. (1994). *Biocarburants en Europe : développements, applications, perspectives 1994-2004. Actes du 1er Forum européen sur les biocarburants, Tours, France, 9, 10 et 11 mai 1994*. Paris : ADEME (cf. p. 86).
- Mendras, Henri (1967). *La Fin des paysans*. Paris : SEDEIS (cf. p. 73).
- Milferstedt, Kim, Jean-Jacques Godon, Renaud Escudié, Stéphanie Prasse, Christophe Neyret et Nicolas Bernet (2012). « Heterogeneity and Spatial Distribution of Bacterial Background Contamination in Pulp and Process Water of a Paper Mill ». In : *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology* 39.12, p. 1751–9 (cf. p. 168).
- Mitchell, Donald (2008). *A Note on Rising Food Prices*. The World Bank Development Prospects Group, Policy Research Working Paper 4682 (cf. p. 95).
- Mocoeur, Marcel (1983). *Question au gouvernement*. JO Assemblée Nationale, 7^{ème} législature, première session ordinaire de 1984-1985 (70^{ème} séance) (cf. p. 67).
- Mol, Arthur P.J. (2007). « Boundless Biofuels ? Between Environmental Sustainability and Vulnerability ». In : *Sociologia Ruralis* 47.4, p. 297–315 (cf. p. 100, 103).
- (2010). « Environmental Authorities and Biofuel Controversies ». In : *Environmental Politics* 19.1, p. 61–79 (cf. p. 99).
- (2014). « Bounded Biofuels ? Sustainability of Global Biogas Developments ». In : *Sociologia Ruralis* 54.1, p. 1–20 (cf. p. 103).

- Molles, Camille (2010). *La Fin du pétrole : histoire de la pénurie sous l'Occupation*. Paris : Descartes & Cie (cf. p. 61).
- (2014). « La Société de chimie industrielle face au problème de l'alcool ». In : *L'Actualité chimique* 382–383, p. 113–7 (cf. p. 60).
- Mollier, Pascale et Magali Sarazin (2009). « Interview du lauréat des lauriers “ingénieur” de l'INRA ». In : *INRA Magazine* 10. Oct. 2009 (cf. p. 200).
- Monbiot, George (2005). « The most destructive crop on earth is no solution to the energy crisis ». In : *The Guardian* (cf. p. 93).
- (2007a). « If we want to save the planet, we need a five-year freeze on biofuels ». In : *The Guardian* (cf. p. 95).
- (2007b). « The western appetite for biofuels is causing starvation in the poor world ». In : *The Guardian* (cf. p. 95).
- Mora, Olivier et Lisa Gauvrit (2010). *Les usages non alimentaires de la biomasse végétale à l'horizon 2050*. Paris : INRA (cf. p. 234).
- Nicolino, Fabrice (2007). *La Faim, la bagnole, le blé et nous : une dénonciation des biocarburants*. Paris : Fayard (cf. p. 73, 91).
- (2010). *Biocarburants, la fausse solution*. Paris : Hachette Littératures (cf. p. 73, 91).
- OECD/FAO (2007). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2007–2016*. Paris : OECD Publications (cf. p. 95).
- Paul, Harry W. (1996). *Science, Vine and Wine in Modern France*. Cambridge : Cambridge University Press (cf. p. 147).
- Pellet, Jean-Daniel et Elsa Pellet (2007). *Jatropha curcas, le meilleur des biocarburants. Mode d'emploi, histoire et avenir d'une plante extraordinaire*. Lausanne : Éditions Favre SA (cf. p. 95).
- Pimentel, David (1991). « Ethanol Fuels : Energy Security, Economics, and the Environment ». In : *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 4.1, p. 1–13 (cf. p. 97).
- (2003). « Ethanol Fuels : Energy Balance, Economics, and Environmental Impacts Are Negative ». In : *Natural Resources Research* 12.2, p. 127–34 (cf. p. 97).
- Pimentel, David, Alison Marklein, Megan A. Toth, Marissa N. Karpoff, Gillian S. Paul, Robert McCormack, Joanna Kyriazis et Tim Krueger (2009). « Food Versus Biofuels : Environmental and Economic Costs ». In : *Human Ecology* 37.1, p. 1–12 (cf. p. 98).
- Pimentel, David et Tad W. Patzek (2005). « Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood ; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower ». In : *Natural resources research* 14.1, p. 65–76 (cf. p. 97).

- PNRB (2005). *Programme National de Recherche sur les Bioénergies. Document de référence*. ADEME (cf. p. 117, 133).
- Poupardin, Denis (1996). *Entretien avec Philippe Chartier, directeur scientifique de l'ADEME*. Archorales INRA, cassettes DAT 85-1 et 85-2. Paris (cf. p. 63, 64).
- Ramunni, Girolamo (2001). « Faire face à la crise du pétrole : l'énergie solaire au CNRS. » In : *La Revue pour l'histoire du CNRS [en ligne] 4*. Entretien avec Jean Deflandre recueilli au Comité pour l'histoire du CNRS, le 12 oct. 2000 (cf. p. 63).
- Raposo, F., V. Fernandez-Cegri, M.A. De la Rubia, R. Borja, F. Béline, C. Cavinato, G. Demirer, B. Fernandez, M. Fernandez-Polanco, J.C. Frigon, R. Ganesh, P. Kaparaju, J. Koubova, R. Méndez, G. Menin, A. Peene, P. Scherer, M. Torrijos, H. Uellendahl, I. Wierinck et V. de Wilde (2011). « Biochemical Methane Potential (BMP) of Solid Organic Substrates : Evaluation of Anaerobic Biodegradability Using Data from an International Interlaboratory Study ». In : *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 86.8, p. 1088–98 (cf. p. 172).
- Rico, Julieta Andrea Puerto (2007). « Programa de Biocombustíveis no Brasil e na Colômbia : uma análise da implantação, resultados e perspectivas ». Dissertação de Mestrado. São Paulo : Universidade de São Paulo (cf. p. 68).
- Righelato, Renton et Dominick V. Spracklen (2007). « Carbon Mitigation by Biofuels or by Saving and Restoring Forests ? » In : *Science* 317.5840, p. 902 (cf. p. 98).
- Scarwell, Helga-Jane, éd. (2007). *Biocarburants, les temps changent ! Effet d'annonce ou réelle avancée ?* Villeneuve d'Ascq : Presses universitaires du Septentrion (cf. p. 60, 95).
- SOeS, ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2014). *Chiffres clés des énergies renouvelables*. Paris (cf. p. 54, 55).
- Souquet, Marcel (1978). *Narbonne : suppression de la station oenologique*. JO Sénat, 6ème législature, question écrite 27189 (cf. p. 148).
- Sourie, Jean-Claude, David Tréguer et Stelios Rozakis (2005). « L'Ambivalence des filières biocarburants ». In : *INRA Sciences Sociales* 2, p. 1–8 (cf. p. 77, 93).
- Tari, Thomas (2009b). *Entretien avec la responsable Biocarburants chez Total, directrice de l'European Biofuel Technology Platform*. Durée : 1h15. Courbevoie (cf. p. 80, 100, 127, 128, 134, 235).
- (2009c). *Entretien avec la responsable Environnement & filières et le directeur scientifique chez Arvalis Institut du Végétal*. Durée : 1h45. Boigneville (cf. p. 244).
- (2009d). *Entretien avec l'ancien directeur du département Bioressources à l'ADEME*. Durée : 3h00. Paris (cf. p. 125, 130, 229, 230).
- (2009e). *Entretien avec l'ancien directeur du département Biotechnologies de l'IFP*. Durée : 1h15. Rueil-Malmaison (cf. p. 65, 114).

- Tari, Thomas (2009f). *Entretien avec le directeur de l'innovation à Sofiprotéol*. Durée : 1h15. Paris (cf. p. 80).
- (2009g). *Entretien avec le directeur du laboratoire LBE de l'INRA et un chercheur en ACV*. Durée : 1h30 (cf. p. 182, 186, 210).
- (2009h). *Entretien avec le directeur d'un laboratoire de thermochimie au CEA*. Durée : 1h30. Grenoble (cf. p. 214, 236).
- (2009i). *Entretien avec le directeur industriel du pilote de bioraffinerie 2G Futurool*. Durée : 1h45. Pomacle-Bazancourt (cf. p. 116, 129).
- (2009j). *Entretien avec le responsable du programme Bioénergies de l'ANR*. Durée : 2h30. Paris (cf. p. 126, 228–232, 238).
- (2009k). *Entretien avec un agriculteur, en charge du dossier Agrocarburants à la Confédération Paysanne*. Durée : 2h30. Yvetot (cf. p. 98, 102).
- (2009l). *Entretien avec un ancien directeur de laboratoire de fractionnement de l'INRA, directeur adjoint de l'institut Carnot 3BCAR*. Durée : 2h00. Paris (cf. p. 201).
- (2009m). *Entretien avec un ancien président de centre, en charge de la thématique Biomasse à l'INRA*. Durée : 1h30. Paris (cf. p. 77, 98, 125, 243).
- (2009n). *Entretien avec un chercheur en mathématiques appliquées de l'INRIA*. Durée : 1h45. Sophia-Antipolis (cf. p. 210, 214, 238, 239).
- (2009o). *Entretien avec un directeur de laboratoire de combustion du CNRS*. Durée : 2h00. Orléans (cf. p. 219).
- (2009p). *Entretien avec un directeur de recherches sur la biomasse énergie du CIRAD*. Durée : 3h00. Montpellier (cf. p. 77, 82, 92, 128, 129).
- (2009q). *Entretien avec un directeur d'études honoraire en sociéconomie à l'EHESS, expert à l'ONU*. Durée : 2h45. Paris (cf. p. 242).
- (2009r). *Entretien avec un membre fondateur d'une PME dédiée à la méthanisation, spin-off d'un laboratoire de l'INRA*. Durée : 1h00. Narbonne (cf. p. 210).
- (2009s). *Entretien avec un professeur des universités, ancien directeur du Programme National des Biotechnologies et président d'un pôle de compétitivité*. Durée : 1h30. Paris (cf. p. 75, 81, 100, 117, 219).
- (2009t). *Entretien avec une chargée de projets en ACV, chez IFP Énergies Nouvelles*. Durée : 1h30. RUEIL-MALMAISON (cf. p. 113).
- (2011a). *Entretien avec deux directeurs et un chargé de recherche d'un laboratoire de génie des procédés du CNRS*. Durée : 3h30. Nancy (cf. p. 209).
- (2011b). *Entretien avec l'ancien responsable de la mission Biocarburants à l'ADEME*. Durée : 3h00. Boissy-Saint-Léger (cf. p. 68).

-
- (2011c). *Entretien avec le délégué scientifique Développement durable de l'INRA, directeur de l'institut Carnot 3BCAR, professeur au Collège de France (chaire annuelle)*. Durée : 4h00. Paris (cf. p. 201, 212, 213, 231, 237, 238, 243).
 - (2011d). *Entretien avec le directeur de l'association européenne de promotion de l'industrie de la biomasse (EUBIA)*. Durée : 0h30. Berlin (cf. p. 211, 241).
 - (2011e). *Entretien avec le directeur du département Bioressources à l'ADEME*. Durée : 2h30. Angers (cf. p. 197, 200, 202, 229, 232, 238).
 - (2011f). *Entretien avec le directeur du département Biotechnologies de l'IFP Énergies Nouvelles*. Durée : 1h45. Rueil-Malmaison (cf. p. 123, 128).
 - (2011g). *Entretien avec le directeur du laboratoire LBE de l'INRA*. Durée : 1h45 (cf. p. 165).
 - (2011h). *Entretien avec le directeur du programme Biomass de l'United States Department of Energy*. Durée : 0h45. Berlin (cf. p. 211, 230, 236).
 - (2011i). *Entretien avec le directeur d'un laboratoire de biotechnologies des algues de l'IFREMER*. Durée : 2h00. Nantes (cf. p. 198, 208, 237).
 - (2011j). *Entretien avec le directeur d'un laboratoire de génie des procédés du CNRS*. Durée : 2h00. Paris (cf. p. 112).
 - (2011k). *Entretien avec le directeur d'un laboratoire sur les agroressources, et une ingénieure de recherche en CDD, de l'INRA*. Durée : 4h00. Estrées-Mons (cf. p. 208, 244).
 - (2011l). *Entretien avec le fondateur et premier directeur du programme de développement des énergies renouvelables de la Commission Européenne (1977-1997)*. Durée : 0h30. Berlin (cf. p. 62, 211).
 - (2011m). *Entretien avec le responsable Carburants alternatifs chez Airbus*. Durée : 2h30. Blagnac (cf. p. 123, 213).
 - (2011n). *Entretien avec un ancien conseiller technique pour l'agriculture et l'environnement du ministre des Affaires européennes Édith Cresson (1990)*. Durée : 1h30. Ivry (cf. p. 74–76).
 - (2011o). *Entretien avec un ancien directeur de laboratoire d'économie publique et rurale de l'INRA*. Durée : 2h15. Plaisir-Grignon (cf. p. 84, 93, 94).
 - (2011p). *Entretien avec un chef de projet Bioénergies et Gaz verts chez GDF Suez*. Durée : 2h00. Saint-Denis (cf. p. 245).
 - (2011q). *Entretien avec un directeur de recherche CNRS, responsable du GdR Bioénergies, puis du programme ANR Bio-Matières et Énergies*. Durée : 2h30. Paris (cf. p. 196, 202).
 - (2011r). *Entretien avec un directeur de recherche en biotechnologie des microalgues au CEA*. Durée : 2h30. Montpellier (cf. p. 114, 129, 214).
 - (2011s). *Entretien avec un expert Bioénergies de la Commission européenne, Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport*. Durée : 1h15. Berlin (cf. p. 241).
 - (2011t). *Entretien avec un professeur émérite en bioingénierie à l'INSA*. Durée : 3h30. Toulouse (cf. p. 193, 200, 201, 204–206, 218).

- Tari, Thomas (2011u). *Entretien avec un sociologue de l'innovation, ancien membre du CSI*. Durée : 1h45. Champs (cf. p. 219).
- (2011v). *Observation du séminaire scientifique interne et discussions particulières*. Durée : une semaine. Narbonne, Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement (INRA) (cf. p. 152, 153, 155, 159, 160, 166, 173, 183).
- (2012a). *Discussion collective de la monographie produite sur le LBE*. Durée : une demi-journée. Narbonne, Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement (INRA) (cf. p. 155, 175).
- (2012b). *Observation de la présentation du projet GreenStars par le directeur du LBE*. Durée : une demi-journée. Narbonne, Unité expérimentale de Pech Rouge (INRA) (cf. p. 165).
- (2012c). *Observation du colloque Bioénergies organisé par l'Agence Nationale de la Recherche (restitution des projets BIO-E 2008-2009-2010)*. Durée : 2 jours. Paris (cf. p. 53).
- Thompson, Paul B. (2007). « The Agricultural Ethics of Biofuels : A First Look ». In : *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 21.2, p. 183–98 (cf. p. 103).
- (2012a). « The Agricultural Ethics of Biofuels : Climate Ethics and Mitigation Arguments ». In : *Poiesis & Praxis* 8.4, p. 169–89 (cf. p. 103).
- (2012b). « The Agricultural Ethics of Biofuels : The Food vs. Fuel Debate ». In : *Agriculture* 2.4, p. 339–58 (cf. p. 103).
- Trostle, Ronald, Daniel Marti, Stacy Rosen et Paul Westcott (2011). *Why Have Food Commodity Prices Risen Again ? Outlook from the Economic Research Service of the United States Department of Agriculture WRS-1103*. USDA ERS (cf. p. 96).
- UFIP (2012). *Les Biocarburants en France*. Dossier d'information. Union Française des Industries Pétrolières (cf. p. 99).
- Union européenne (2003). *Directive 2003/30/CE du Parlement européen et du Conseil du 8 mai 2003 visant à promouvoir l'utilisation de biocarburants ou autres carburants renouvelables dans les transports*. Parlement et Conseil de l'Union européenne (cf. p. 89, 90, 100).
- (2009). *Directive 2009/28/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 avril 2009 relative à la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables*. Parlement et Conseil de l'Union européenne (cf. p. 98, 101).

Bibliographie

- Abbott, Andrew (1988). *The System of Professions : An Essay on the Division of Expert Labor*. Chicago : The University of Chicago Press (cf. p. 226–228).
- (2001). *Chaos of Disciplines*. Chicago : The University of Chicago Press (cf. p. 23, 41).
- Aggeri, Franck, Pascal Le Masson, Anne Branciard, Catherine Paradeise et Ashveen Peerbaye (2007). « Les plates-formes technologiques dans les sciences de la vie : politiques publiques, organisations et performances ». In : *Revue d'économie industrielle* 120, p. 21–40 (cf. p. 245).
- Akera, Atsushi (2007). « Constructing a Representation for an Ecology of Knowledge : Methodological Advances in the Integration of Knowledge and its Various Contexts ». In : *Social Studies of Science* 37.3, p. 413–41 (cf. p. 46).
- Akrich, Madeleine (1989). « La Construction d'un système socio-technique : esquisse pour une anthropologie des techniques ». In : *Anthropologie et Sociétés* 13.2, p. 31–54 (cf. p. 127).
- Akrich, Madeleine, Michel Callon et Bruno Latour (2006). *Sociologie de la traduction : textes fondateurs*. Paris : Presses de l'École des Mines (cf. p. 35).
- Amman, Klaus et Karin D. Knorr-Cetina (1989). « Thinking through Talk : an Ethnographic Study of a Molecular Biology Laboratory ». In : *Knowledge and Society* 8, p. 3–26 (cf. p. 170, 171).
- Appadurai, Arjun (1988). *The Social Life of Things : Commodities in Cultural Perspective*. Cambridge : Cambridge University Press (cf. p. 175).
- Bachelard, Gaston (1938). *La Formation de l'esprit scientifique. Contribution à une psychanalyse de la connaissance objective*. Paris : Vrin (cf. p. 40).
- Barrier, Julien (2011). « La Science en projets : financements sur projet, autonomie professionnelle et transformations du travail des chercheurs académiques ». In : *Sociologie du travail* 53.4, p. 515–36 (cf. p. 44, 110, 225).
- Beaver, Donald D. (2001). « Reflections on Scientific Collaboration (and its study) : Past, Present, and Future ». In : *Scientometrics* 52.3, p. 365–77 (cf. p. 109).
- Beck, Ulrich (1986). *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne [La Société du risque : sur la voie d'une autre modernité]*. Frankfurt am Main : Suhrkamp Verlag KG (cf. p. 124).

- Becker, Howard S. (1960). « Notes on the Concept of Commitment ». In : *American Journal of Sociology* 66.1, p. 32–40 (cf. p. 186, 216).
- (1963). *Outsiders : Studies In The Sociology Of Deviance*. New York : Free Press Of Glencoe (cf. p. 216).
- (1974). « Art As Collective Action ». In : *American Sociological Review* 39.6, p. 767–76 (cf. p. 205).
- (1976). « Art Worlds and Social Types ». In : *American Behavioral Scientist* 19.6, p. 703–18 (cf. p. 203, 204).
- (1978). « Arts and Crafts ». In : *American Journal of Sociology* 83, p. 862–89 (cf. p. 36, 203, 204, 213).
- (1982). *Art Worlds*. Berkeley : University of California Press (cf. p. 46, 205, 206, 221, 228).
- (1986). « Biographie et mosaïque scientifique ». In : *Actes de la recherche en sciences sociales* 62.1, p. 105–10 (cf. p. 220, 221).
- (1998). *Tricks of the Trade : How to Think about Your Research While You're Doing It*. Chicago : The University of Chicago Press (cf. p. 18).
- Becker, Howard S. et James W. Carper (1956). « The Development of Identification with an Occupation ». In : *American Journal of Sociology* 61.4, p. 289–98 (cf. p. 216).
- Becker, Howard S. et Anselm L. Strauss (1956). « Careers, Personality, and Adult Socialization ». In : *American Journal of Sociology* 62.3, p. 253–63 (cf. p. 216).
- Ben-David, Joseph (1964). « Scientific Growth : A Sociological View ». In : *Minerva* 3.4, p. 455–76 (cf. p. 23, 24).
- Ben-David, Joseph et Randall Collins (1966). « Social Factors in the Origins of a New Science : The Case of Psychology ». In : *American Sociological Review* 31.4, p. 451–65 (cf. p. 25).
- Ben-David, Joseph et Awraham Zloczower (1962). « Universities and Academic Systems in Modern Societies ». In : *European Journal of Sociology* 3.1, p. 45–84 (cf. p. 25).
- Berthelot, Jean-Michel, Olivier Martin et Céline Collinet (2005). *Savoirs et savants : les études sur la science en France*. Paris : Presses Universitaires de France (cf. p. 37, 40, 41).
- Bidet, Alexandra (2010). « Qu'est-ce que le vrai Boulot ? Le cas d'un groupe de techniciens ». In : *Sociétés contemporaines* 78.2, p. 115–35 (cf. p. 199, 202).
- Bidet, Alexandra et François Vatin (2008). « Pratique d'ingénieur et mesure de la valeur : le cas de la téléphonie ». In : *Idées économiques et sociales* 2.152, p. 6–16 (cf. p. 198).
- Bijker, Wiebe E. (1997). *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs : Toward a Theory of Sociotechnical Change*. Cambridge, MA : The MIT Press (cf. p. 114).

- Blumer, Herbert (1969). *Symbolic Interactionism : Perspective and Method*. Englewood Cliffs : Prentice-Hall (cf. p. 45).
- Bonneuil, Christophe et Pierre-Benoît Joly (2013). *Sciences, techniques et société*. Paris : La Découverte (cf. p. 20).
- Bourdieu, Pierre (1974). « Avenir de classe et causalité du probable ». In : *Revue française de sociologie* 15.1, p. 3–42 (cf. p. 215).
- (1986). « L'Illusion biographique ». In : *Actes de la recherche en sciences sociales* 62.1, p. 69–72 (cf. p. 215).
- (2001). *Science de la science et réflexivité : cours du Collège de France 2000–2001*. Paris : Raisons d'agir (cf. p. 37).
- Boutier, Jean, Jean-Claude Passeron et Jacques Revel, éd. (2006). *Qu'est-ce qu'une discipline ?* Paris : Éditions de l'EHESS (cf. p. 19, 20, 42).
- Bowker, Geoffrey C. (1994). « Information Mythology and Infrastructure ». In : *Information Acumen : The Understanding and Use of Knowledge in Modern Business*. Sous la dir. de Lisa Bud-Frierman. London : Routledge, p. 231–47 (cf. p. 38).
- Bowker, Geoffrey C. et Bruno Latour (1987). « A Booming Discipline Short of Discipline : (Social) Studies of Science in France ». In : *Social Studies of Science* 17.4, p. 715–48 (cf. p. 45).
- Bowker, Geoffrey C. et Susan L. Star (1999). *Sorting Things Out : Classification and Its Consequences*. Cambridge, MA : MIT Press (cf. p. 38, 115, 173).
- Bozeman, Barry et Juan D. Rogers (2002). « A Churn Model of Scientific Knowledge Value : Internet Researchers as a Knowledge Value Collective ». In : *Research Policy* 31.5, p. 769–94 (cf. p. 136).
- Brunet, Philippe et Michel Dubois (2012). « Cellules souches et technoscience : sociologie de l'émergence et de la régulation d'un domaine de recherche biomédicale en France ». In : *Revue française de sociologie* 53.3, p. 391–428 (cf. p. 44).
- Bucher, Rue et Anselm L. Strauss (1961). « Professions in Process ». In : *American Journal of Sociology* 66.4, p. 325–34 (cf. p. 216).
- Callon, Michel, éd. (1988). *La Science et ses réseaux : genèse et circulation des faits scientifiques*. Paris : La Découverte (cf. p. 35).
- Chateauraynaud, Francis et Didier Torny (1999). *Les sombres Précurseurs : une sociologie pragmatique de l'alerte et du risque*. Paris : Éditions de l'École des Hautes Etudes en Sciences Sociales (cf. p. 94).
- Chubin, Daryl E. (1976). « The Conceptualization of Scientific Specialities ». In : *The Sociological Quarterly* 17.4, p. 448–76 (cf. p. 24, 26).

- Clarke, Adele E. (1998). *Disciplining Reproduction : Modernity, American Life Sciences, and the Problems of Sex*. Berkeley : University of California Press (cf. p. 38, 42, 173).
- (2005). *Situational Analysis : Grounded Theory After the Postmodern Turn*. Thousand Oaks : Sage (cf. p. 46).
- Clarke, Adele E. et Joan H. Fujimura, éd. (1992). *The Right Tools for the Job : At Work in Twentieth-Century Life Sciences*. Princeton : Princeton University Press (cf. p. 38, 173).
- (2007). « The Social Worlds Framework : A Theory/Methods Package ». In : *The Handbook of Science and Technology Studies*. Sous la dir. d'Edward J. Hackett, Olga Amsterdamska, Michael E. Lynch et Judy Wajcman. 3^e éd. Cambridge, MA : MIT Press, p. 113–37 (cf. p. 46, 47).
- Cole, Jonathan R. et Harriet Zucherman (1975). « The Emergence of a Scientific Specialty : The Self-Exemplifying Case of the Sociology of Science ». In : *The Idea of Social Structure, Papers in Honor of Robert K. Merton*. Sous la dir. de Lewis A. Coser. New York : Harcourt Brace Jovanovich, p. 139–74 (cf. p. 28).
- Collins, Harry M. (1975). « The Seven Sexes : A Study in the Sociology of a Phenomenon, or the Replication of Experiments in Physics ». In : *Sociology* 9.2, p. 205–24 (cf. p. 158, 173).
- (1992). *Changing Order : Replication and Induction in Scientific Practice*. Chicago : University of Chicago Press (cf. p. 158).
- Collins, Harry M., Robert Evans et Michael E. Gorman (2010). « Trading Zones and Interactional Expertise ». In : *Trading Zones and Interactional Expertise : Creating New Kinds of Collaboration*. Sous la dir. de Michael E. Gorman. Cambridge, MA : MIT Press, p. 7–24 (cf. p. 39, 40).
- Coninck, Frédéric de et Francis Godard (1990). « L'Approche biographique à l'épreuve de l'interprétation : les formes temporelles de la causalité ». In : *Revue française de sociologie* 31.1, p. 23–53 (cf. p. 217).
- Crane, Diana (1972). *Invisible Colleges : Diffusion of Knowledge in Scientific Communities*. Chicago : The University of Chicago Press (cf. p. 24, 26, 27, 223).
- Crawford, Matthew B. (2009). *Shop Class as Soulcraft : An Inquiry Into the Value of Work*. New York : The Penguin Press (cf. p. 199).
- Daccache, Michel (2011). « La Biodiversité, un lieu commun ? » In : *Terrains & travaux* 18.1, p. 41–59 (cf. p. 164).
- Daston, Lorraine J. et Peter L. Galison (2007). *Objectivity*. Brooklyn, NY : Zone Books (MIT Press) (cf. p. 168).
- Deuten, J. Jasper et Arie Rip (2000). « Narrative Infrastructure in Product Creation Processes ». In : *Organization* 7.1, p. 69–93 (cf. p. 136, 242).

- Dodier, Nicolas et Isabelle Baszanger (1997). « Totalisation et altérité dans l'enquête ethnographique ». In : *Revue française de sociologie* 38.1, p. 37–66 (cf. p. 45, 46).
- Doing, Park (2007). « Give Me a Laboratory and I Will Raise a Discipline : The Past, Present, and Future Politics of Laboratory Studies in STS ». In : *The Handbook of Science and Technology Studies*. Sous la dir. d'Edward J. Hackett, Olga Amsterdamska, Michael E. Lynch, Judy Wajcman et Wiebe E. Bijker. 3e édition. Cambridge, MA : MIT Press, p. 279–95 (cf. p. 149).
- (2009). *Velvet Revolution at the Synchrotron : Biology, Physics, and Change in Science*. Inside Technology. Cambridge, MA : MIT Press (cf. p. 149, 163, 179, 198).
- Dubar, Claude (1998). « Trajectoires sociales et formes identitaires : clarifications conceptuelles et méthodologiques ». In : *Sociétés contemporaines* 1 (29), p. 73–85 (cf. p. 220).
- Dubois, Michel (2001). *La nouvelle Sociologie des sciences*. Paris : Presses Universitaires de France (cf. p. 20).
- Durkheim, Émile (1893). *De la Division du travail social*. Paris : Félix Alcan (cf. p. 31).
- Edge, David O. et Michael J. Mulkey (1976). *Astronomy Transformed : The Emergence of Radio Astronomy in Britain*. New-York : John Wiley & Sons (cf. p. 29).
- Edwards, Paul N. (1999). « Global Climate Science, Uncertainty And Politics : Data-Laden Models, Model-Filtered Data ». In : *Science as Culture* 8, p. 437–72 (cf. p. 160, 161).
- Etzkowitz, Henri et Loet Leydesdorff (2000). « The Dynamics of Innovation : From National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of University–Industry–Government Relations ». In : *Research Policy* 29.2, p. 109–23 (cf. p. 42, 226).
- Faulkner, Wendy (2000). « Dualisms, Hierarchies and Gender in Engineering ». In : *Social Studies of Science* 30.5, p. 759–92 (cf. p. 198, 207).
- Ferguson, Eugene S. (1974). « Toward a Discipline of the History of Technology ». In : *Technology and Culture* 15, p. 13–30 (cf. p. 114).
- Fleck, Ludwik (1935). *Entstehung und Entwicklung einer Wissenschaftlichen Tatsache : Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv [Genèse et développement d'un fait scientifique]*. Basel : Benno Schwabe & Co (cf. p. 20, 21, 43).
- Flichy, Patrice (2001). *L'Imaginaire d'Internet*. Paris : La Découverte (cf. p. 242).
- Freidson, Eliot (1970). *Professional Dominance : The Social Structure of Medical Care*. New York : Atherton (cf. p. 36).
- (2001). *Professionalism : The Third Logic*. Chicago : The University of Chicago Press (cf. p. 226, 227).

- Fujimura, Joan H. (1987). « Constructing 'Do-able' Problems in Cancer Research : Articulating Alignment ». In : *Social Studies of Science* 17.2, p. 257–93 (cf. p. 150, 162, 164, 166).
- (1988). « The Molecular Biological Bandwagon in Cancer Research : Where Social Worlds Meet ». In : *Social Problems* 35.3, p. 261–83 (cf. p. 162).
- Gadamer, Hans-Georg (1960). *Warheit und Methode [Vérité et méthode : les grandes lignes d'une herméneutique philosophique]*. Tübingen : J.C.B. Mohr (cf. p. 43).
- Galison, Peter L. (1997). *Image and Logic : A Material Culture of Microphysics*. Chicago : The University of Chicago Press (cf. p. 39, 42).
- (2010). « Trading with the Enemy ». In : *Trading Zones and Interactional Expertise : Creating New Kinds of Collaboration*. Sous la dir. de Michael E. Gorman. Cambridge, MA : MIT Press, p. 25–52 (cf. p. 40).
- Galle, Raymond et François Vatin (1981). « Production fluide et ouvrier mobile : procès de production et organisation du travail dans le raffinage pétrolier ». In : *Sociologie du Travail* 3.3, p. 275–93 (cf. p. 103).
- Geels, Frank W. (2002). « Technological Transitions as Evolutionary Reconfiguration Processes : A Multi-Level Perspective and a Case-Study ». In : *Research Policy* 31.8–9, p. 1257–74 (cf. p. 46).
- Geels, Frank W. et Johan Schot (2007). « Typology of Sociotechnical Transition Pathways ». In : *Research Policy* 36.3, p. 399–417 (cf. p. 46).
- Gibbons, Michael, Camille Limoges, Helga Nowotny, Simon Schwartzman, Peter Scott et Martin Trow (1994). *The New Production of Knowledge : The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. London : Sage (cf. p. 42).
- Gieryn, Thomas F. (1978). « Problem Retention and Problem Change in Science ». In : *Sociological Inquiry* 48.3–4, p. 96–115 (cf. p. 29, 30, 194).
- (1983). « Boundary-Work and the Demarcation of Science from Non-Science : Strains and Interests in Professional Ideologies of Scientists ». In : *American Sociological Review* 48.6, p. 781–95 (cf. p. 36, 199).
- Gilbert, Geoffrey N. (1976). « The Development of Science and Scientific Knowledge : The Case of Radar Meteor Research ». In : *Perspectives on the Emergence of Scientific Disciplines*. Sous la dir. de Gérard Lemaine, Roy MacLeod, Michael J. Mulkay et Peter Weingart. The Hague, Paris et Chicago : Mouton & Co, Maison des Sciences de l'Homme et Aldine, p. 187–204 (cf. p. 29).
- Godard, Olivier et Bernard Hubert (2002). *Le Développement durable et la recherche scientifique à l'INRA*. Rapport à madame la Directrice générale de l'INRA. Rapport intermédiaire de mission. Paris : INRA (cf. p. 233).
- Gökalp, Iskender (1989). « Sur les Interrelations entre domaines scientifiques ». In : *Revue de synthèse* 110.3–4, p. 453–68 (cf. p. 219).

- (1990a). « The Interrelating of Scientific Fields : The Case of Turbulence and Combustion ». In : *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 21.3, p. 413–29 (cf. p. 219).
- (1990b). « Turbulent Reactions : Impact of New Instrumentation on a Borderland Scientific Domain ». In : *Science, Technology, & Human Values* 15.3, p. 284–304 (cf. p. 219).
- (1992). « On the Analysis of Large Technical Systems ». In : *Science, Technology, & Human Values* 17.1, p. 57–78 (cf. p. 219).
- Gorman, Michael E., éd. (2010). *Trading Zones and Interactional Expertise : Creating New Kinds of Collaboration*. Cambridge, MA : MIT Press (cf. p. 39).
- Granjou, Céline et Marc Barbier (2010). *Métamorphoses de l'expertise*. Paris et Versailles : Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme et Éditions Quæ (cf. p. 44, 233).
- Granjou, Céline, Isabelle Mauz et Michel Daccache (2013). « Les Conditions de l'articulation entre recherche et expertise : le cas des recherches sur la biodiversité ». In : *Revue d'anthropologie des connaissances* 7.1, p. 67–86 (cf. p. 44).
- Granjou, Céline et Ashveen Peerbaye (2011). « Sciences et collectifs ». In : *Terrains & travaux* 18.1, p. 5–18 (cf. p. 150, 178).
- Grondin, Jean (2006). « Historicité ». In : *Le Dictionnaire des sciences humaines*. Sous la dir. de Sylvie Mesure et Patrick Savidan. Paris : Presses Universitaires de France, p. 570–3 (cf. p. 43).
- Grossetti, Michel (1991). « Trajectoires d'ingénieurs et territoire. L'exemple des hautes technologies à Toulouse ». In : *Sociétés contemporaines* 6.6, p. 65–80 (cf. p. 208).
- (2006). « L'Imprévisibilité dans les parcours sociaux ». In : *Cahiers internationaux de sociologie* 120.1, p. 5–28 (cf. p. 217).
- Hackett, Edward J., Olga Amsterdamska, Michael E. Lynch et Judy Wajcman, éd. (2007). *The Handbook of Science and Technology Studies*. 3^e éd. Cambridge, MA : MIT Press (cf. p. 20).
- Hagstrom, Warren O. (1965). *The Scientific Community*. New York : Basic Books (cf. p. 24, 25).
- Hecht, Gabrielle (1998). *The Radiance of France : Nuclear Power and National Identity after World War II*. Cambridge, MA : MIT Press (cf. p. 104).
- Heilbron, Johan (2003). « A Regime of Disciplines : Toward a Historical Sociology of Disciplinary Knowledge ». In : *The Dialogic Turn. Roles for Sociology in the Post Disciplinary Age*. Sous la dir. de Charles Camic et Hans Joas. Lanham : Rowman & Littlefield, p. 23–42 (cf. p. 19).
- Holton, Gerald (1973). *Thematic Origins of Scientific Thought : Kepler to Einstein*. Cambridge, MA : Harvard University Press (cf. p. 25).

- Hubert, Matthieu (2007). « Hybridations instrumentales et identitaires dans la recherche sur les nanotechnologies : le cas d'un laboratoire public au travers de ses collaborations académiques et industrielles ». In : *Revue d'anthropologie des connaissances* 1.2, p. 243–66 (cf. p. 185).
- Hubert, Matthieu et Séverine Louvel (2012). « Le Financement sur projet : quelles conséquences sur le travail des chercheurs ? » In : *Mouvements* 71.3, p. 13–24 (cf. p. 44, 110, 225).
- Hughes, Everett C. (1971). *The Sociological Eye : Selected Papers*. Chicago : Aldine-Atherton (cf. p. 162, 199, 200, 202).
- Hughes, Thomas P. (1983). *Networks of Power : Electrification in Western Society, 1880-1930*. Baltimore : Johns Hopkins University Press (cf. p. 82, 104, 105).
- Ingold, Tim (2007). *Lines : A Brief History*. London : Routledge (cf. p. 115).
- Joly, Pierre-Benoît (2010). « On the Economics of Techno-scientific Promises ». In : *Débordements. Mélanges offerts à Michel Callon*. Sous la dir. de Charles Camic et Hans Joas. Paris : Presse des Mines, p. 203–22 (cf. p. 124).
- Jouvenet, Morgan (2011). « Profession scientifique et instruments politiques : l'impact du financement sur projet dans les laboratoires de nanosciences ». In : *Sociologie du travail* 53.2, p. 234–52 (cf. p. 44, 110, 225).
- Kadushin, Charles (1966). « The Friends and Supporters of Psychotherapy : on Social Circles in Urban Life ». In : *American Sociological Review* 31, p. 786–802 (cf. p. 27, 223).
- (1968). « Power Influence and Social Circles : a New Methodology for Studying Opinion-Makers ». In : *American Sociological Review* 33, p. 685–99 (cf. p. 27).
- Kant, Immanuel (1781). *Kritik der reinen Vernunft [Critique de la raison pure]*. Riga : J. F. Hartknoch (cf. p. 43).
- Katz, J. Sylvan et Ben R. Martin (1997). « What is research collaboration ? » In : *Research Policy* 26.1, p. 1–18 (cf. p. 109).
- Klein, Gilles (2000). « L'Aventure des disciplines : trois thèses dans les études de la science contemporaine ». In : *Cahiers internationaux de Sociologie* 109, p. 393–414 (cf. p. 20, 33).
- Knorr-Cetina, Karin D. (1979). « Tinkering toward Success : Prelude to a Theory of Scientific Practice ». In : *Theory and Society* 8.3, p. 347–76 (cf. p. 161).
- (1981). *The Manufacture of Knowledge : An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*. Oxford : Pergamon Press (cf. p. 34, 149).
- (1982). « Scientific Communities or Transepistemic Arenas of Research ? A Critique of Quasi-Economic Models of Science ». In : *Social Studies of Science* 12.1, p. 101–30 (cf. p. 35, 36).

-
- (1992). « The Couch, the Cathedral, and the Laboratory : On the Relationship between Experiment and Laboratory in Science ». In : *Science as Practice and Culture*. Sous la dir. d' Andrew Pickering. Chicago : University of Chicago Press, p. 113–38 (cf. p. 163).
- (1996). « Le "Souci de soi" ou les "tâtonnements" : Ethnographie de l'empirie dans deux disciplines scientifiques ». In : *Sociologie du travail* 38.3, p. 311–30 (cf. p. 163).
- (1997). « Sociality with Objects : Social Relations in Postsocial Knowledge Societies ». In : *Theory, Culture & Society* 14.4, p. 1–30 (cf. p. 175).
- (1999). *Epistemic Cultures : How the Sciences Make Knowledge*. Cambridge, MA : Harvard University Press (cf. p. 38, 39, 42, 149, 163, 164, 179, 180).
- Kohler, Robert E. (1982). *From Modern Chemistry to Biochemistry : The Making of a Biomedical Discipline*. Cambridge : Cambridge University Press (cf. p. 36–38, 42).
- (1994). *Lords of the Fly*. Chicago : The University of Chicago Press (cf. p. 38).
- Kuhn, Thomas S. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago : The University of Chicago Press (cf. p. 22, 203, 205).
- Lamont, Michèle (2009). *How Professors Think : Inside the Curious World of Academic Judgment*. Cambridge, MA : Harvard University Press (cf. p. 230, 233, 235).
- Latour, Bruno (1983). « Give Me a Laboratory and I Will Move the World ». In : *Science Observed : Perspectives on the Social Study of Science*. Sous la dir. de Karin D. Knorr-Cetina et Michael J. Mulkay. Los Angeles : Sage Publications, p. 141–70 (cf. p. 35).
- (1984a). « Le Dernier des capitalistes sauvages : interview d'un biochimiste ». In : *Fundamenta Scientiae* 4.3–4, p. 301–27 (cf. p. 203).
- (1984b). *Les Microbes : guerre et paix, suivi de Irréductions*. Paris : Métailié (cf. p. 35).
- (1987). *Science in Action : How to Follow Scientists and Engineers through Society*. Cambridge, MA : Harvard University Press (cf. p. 35).
- (2005). *Reassembling the Social : An Introduction to Actor-Network-Theory*. Oxford : Oxford University Press (cf. p. 35).
- (2006). *Petites Leçons de sociologies des sciences*. Paris : La Découverte (cf. p. 127).
- Latour, Bruno et Steve W. Woolgar (1979). *Laboratory Life : The Social Construction of Scientific Facts*. Los Angeles : Sage Publications (cf. p. 34, 149, 178, 179).
- Laurens, Jean-Paul (1992). *1 sur 500 : la réussite scolaire en milieu populaire*. Toulouse : Presses Universitaires du Mirail (cf. p. 204).
- Law, John (1973). « The Development of Specialties in Science : The Case of X-ray Protein Crystallography ». In : *Science Studies* 3.3, p. 275–303 (cf. p. 31).

- Law, John (1974). « Theories and Methods in the Sociology of Science ». In : *Social Science Information* 13.4–5, p. 163–72 (cf. p. 32, 33, 41).
- Lee, Sooho et Barry Bozeman (2005). « The Impact of Research Collaboration on Scientific Productivity ». In : *Social Studies of Science* 35.5, p. 673–702 (cf. p. 136).
- Lemaine, Gérard, Roy MacLeod, Michael J. Mulkay et Peter Weingart, éd. (1976). *Perspectives on the Emergence of Scientific Disciplines*. The Hague, Paris et Chicago : Mouton & Co, Maison des Sciences de l'Homme et Aldine (cf. p. 28, 29, 31, 212).
- Lenoir, Timothy (1997). *Instituting Science : The Cultural Production of Scientific Disciplines*. Stanford : Stanford University Press (cf. p. 34, 37, 42, 188, 245).
- Leydesdorff, Loet (2006). « Betweenness Centrality as an Indicator of the Interdisciplinarity of Scientific Journals ». In : *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 58, p. 1303–9 (cf. p. 131).
- Louvel, Séverine (2011). *Des Patrons aux managers : les laboratoires de la recherche publique depuis les années 1970*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes (cf. p. 43, 225).
- Lynch, Michael E. (1985). *Art and Artifact in Laboratory Science : a Study of Shop Work and Shop Talk in a Research Laboratory*. London : Routledge & Kegan Paul (cf. p. 34, 149, 158, 170, 171).
- Mann, Thomas (1924). *Der Zauberberg [La Montagne magique]*. Berlin : S. Fischer (cf. p. 17).
- Mannheim, Karl (1928). « Das Problem der Generationen [Le Problème des générations, traduction française par Gérard Mauger et Nia Perivolaropoulou en 1990] ». In : *Kölner Vierteljahreshefte für Soziologie* VII, p. 157–185, 309–330 (cf. p. 124).
- (1929). *Ideologie und Utopie [Idéologie et Utopie]*. Bonn : Cohen (cf. p. 26).
- Marcovich, Anne et Terry Shinn (2012). « Regimes of Science Production and Diffusion : Towards a Transverse Organization of Knowledge ». In : *Scientiae Studia* 10, p. 33–64 (cf. p. 42).
- Marcus, George E. (1995). « Ethnography in/of the World System : The Emergence of Multi-Sited Ethnography ». In : *Annual Review of Anthropology* 24, p. 95–117 (cf. p. 45).
- Martin, Olivier (2005). *Sociologie des sciences*. Paris : Armand Colin (cf. p. 20, 29).
- Merton, Robert K. (1938). « Science, Technology and Society in Seventeenth Century England ». In : *Osiris* 4, p. 360–632 (cf. p. 21, 22).
- (1973). *The Sociology of Science : Theoretical and Empirical Investigations*. Chicago : The University of Chicago Press (cf. p. 29, 196).
- Miettinen, Reijo (1998). « Object Construction and Networks in Research Work : The Case of Research on Cellulose-Degrading Enzymes ». In : *Social Studies of Science* 28.3, p. 423–63 (cf. p. 150, 171, 184, 185).

- Mitchell, Timothy (2011). *Carbon Democracy : Political Power in the Age of Oil*. London, Brooklyn : Verso Books (cf. p. 81).
- Mulkay, Michael J. (1969). « Some Aspects of Cultural Growth in the Natural Sciences ». In : *Social Research* 36.1, p. 22–52 (cf. p. 23).
- (1972). *The Social Process of Innovation : A Study in the Sociology of Science*. London : The Macmillan Press (cf. p. 25, 26).
- (1975). « Three Models of Scientific Development ». In : *The Sociological Review* 23.3, p. 509–26 (cf. p. 29, 30, 212).
- Mulkay, Michael J. et David O. Edge (1973). « Cognitive, Technical and Social Factors in the Growth of Radio Astronomy ». In : *Social Science Information* 12.6, p. 25–61 (cf. p. 29).
- Mulkay, Michael J., Geoffrey N. Gilbert et Steve W. Woolgar (1975). « Problem Areas and Research Networks in Science ». In : *Sociology* 9.2, p. 187–203 (cf. p. 29, 212).
- Mullins, Nicholas C. (1972). « The Development of a Scientific Speciality : The Phage Group and the Origins of Molecular Biology ». In : *Minerva* 10.1, p. 52–82 (cf. p. 27, 28, 223).
- (1973). « The Development of Specialties in Social Science : The Case of Ethnomethodology ». In : *Science Studies* 3.3, p. 245–73 (cf. p. 28).
- Nagel, Ernest (1961). *The Structure of Science : Problems in the Logic of Scientific Explanation*. London : Routledge & Kegan Paul (cf. p. 156).
- Noël, Marianne (2012). « Émergence d'une science des systèmes supramoléculaires à l'Université de Strasbourg (1961-2011) ». Mémoire de Master 2. Paris : École des Hautes Études en Sciences Sociales (EHESS) (cf. p. 152, 153).
- Paradeise, Catherine (1985). « Rhétorique professionnelle et expertise ». In : *Sociologie du travail* 27.1, p. 17–31 (cf. p. 217).
- (1987). « Des Savoirs aux compétences : qualification et régulation des marchés du travail ». In : *Sociologie du travail* 29.1, p. 35–46 (cf. p. 204).
- Paradeise, Catherine et Yves Lichtenberger (2001). « Compétence, compétences ». In : *Sociologie du travail* 43.1, p. 33–48 (cf. p. 204).
- Passeron, Jean-Claude (1990). « Biographies, flux, itinéraires, trajectoires ». In : *Revue française de sociologie* 31.1, p. 3–22 (cf. p. 215, 216).
- Peerbaye, Ashveen (2004). « La Construction de l'espace génomique en France : la place des dispositifs instrumentaux ». Thèse de doctorat en sociologie. Cachan : École Normale Supérieure de Cachan (cf. p. 245).
- Perec, Georges (1978). *La Vie mode d'emploi*. Paris : Hachette (cf. p. 15, 17, 194).

- Perec, Georges (1995). *Cahier des charges de la Vie mode d'emploi*. Paris : CNRS Éditions, Zulma (cf. p. 17).
- Pestre, Dominique (2003). « Regimes of Knowledge Production in Society : Towards a More Political and Social Reading ». In : *Minerva* 41.3, p. 245–61 (cf. p. 42).
- (2006). *Introduction aux science studies*. Paris : La Découverte (cf. p. 20, 42).
- Pickering, Andrew (1992). « From Science as Knowledge to Science as Practice ». In : *Science as Practice and Culture*. Sous la dir. d'Andrew Pickering. Chicago : The University of Chicago Press, p. 1–26 (cf. p. 33, 34).
- (1993). « The Mangle of Practice : Agency and Emergence in the Sociology of Science ». In : *American Journal of Sociology* 99.3, p. 559–89 (cf. p. 156, 161).
- (1995). *The Mangle of Practice : Time, Agency, and Science*. Chicago : University of Chicago Press (cf. p. 156).
- Pickstone, John V. (1993). « Ways of Knowing : Towards a Historical Sociology of Science, Technology and Medicine ». In : *The British Journal for the History of Science* 26.4, p. 433–58 (cf. p. 42).
- (2001). *Ways of Knowing : A New History of Science, Technology, and Medicine*. Chicago : The University of Chicago Press (cf. p. 42).
- Polanyi, Michael (1962). « The Republic of Science : Its Political and Economic Theory ». In : *Minerva* 1.1, p. 54–73 (cf. p. 29).
- Porter, Theodore M. (1995). *Trust in Numbers : The Pursuit of Objectivity in Science and Public Life*. Princeton : Princeton University Press (cf. p. 198).
- Price, Derek J. de Solla (1963). *Little Science, Big Science*. New York : Columbia University Press (cf. p. 22).
- Reif, Frederick et Anselm L. Strauss (1965). « The Impact of Rapid Discovery upon the Scientist's Career ». In : *Social Problems* 12.3, p. 297–311 (cf. p. 25).
- Rheinberger, Hans-Jörg (1997). *Toward a History of Epistemic Things : Synthesizing Proteins in the Test Tube*. Stanford : Stanford University Press (cf. p. 150, 183).
- Saari, Eveliina et Reijo Miettinen (2001). « Dynamics of Change in Research Work : Constructing a New Research Area in a Research Group ». In : *Science, Technology, & Human Values* 26.3, p. 300–21 (cf. p. 185).
- Schultz, Émilien (2013). « Le Temps d'un projet : les temporalités du financement sur projet dans un laboratoire de biophysique ». In : *Temporalités* 18 (cf. p. 110).
- Shapin, Steven (2008). *The Scientific Life : A Moral History of a Late Modern Vocation*. Chicago : University of Chicago Press (cf. p. 196).

- Shapin, Steven et Simon J. Schaffer (1985). *Leviathan and the Air-Pump : Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*. Princeton : Princeton University Press (cf. p. 108, 128).
- Shrum, Wesley, Joel Genuth et Ivan Chompalov (2007). *Structures of Scientific Collaboration*. Cambridge, MA : MIT Press (cf. p. 109, 110).
- Simmel, Georg (1922). « Die Kreuzung sozialer Kreise [Au croisement des cercles sociaux] ». In : *Soziologie : Untersuchungen über die Formen der Vergesellschaftung [Sociologie : études sur les formes de la socialisation]*. München : Duncker & Humblot, p. 305–44 (cf. p. 27).
- Sismondo, Sergio (2010). *An Introduction to Science and Technology Studies*. 2^e éd. Oxford : Wiley-Blackwell (cf. p. 20).
- Star, Susan L. et James Griesemer (1989). « Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects : Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39 ». In : *Social Studies of Science* 19.3, p. 387–420 (cf. p. 40, 109, 130, 174, 213).
- Starr, Paul (1982). *The Social Transformation of American Medicine*. New York : Basic (cf. p. 36).
- Stehr, Nico et Lyle E. Larson (1972). « The Rise and Decline of Areas of Specialization ». In : *The American Sociologist* 7.7, p. 3–6 (cf. p. 25).
- Strauss, Anselm L. et Juliet Corbin (1990). *Basics of Qualitative Research : Grounded Theory Procedures and Techniques*. Thousand Oaks : Sage (cf. p. 46).
- Strauss, Anselm L., Shizuko Fagerhaugh, Barbara Suczek et Carolyn Wiener (1985a). « Articulation Work [Traduction française par Isabelle Baszanger, 1992] ». In : *Social Organization of Medical Work*. Chicago : University of Chicago Press, p. 151–90 (cf. p. 164).
- (1985b). *Social Organization of Medical Work*. Chicago : University of Chicago Press (cf. p. 216).
- Suchman, Lucy (2005). « Affiliative Objects ». In : *Organization* 12.3, p. 379–99 (cf. p. 175).
- Tari, Thomas (2009a). « À la Recherche du biocarburant, entre promesses et controverses : étude de la forme projet dans les dynamiques de recherche sur les bioénergies en France ». Mémoire de Master 2. Paris : École des Hautes Études en Sciences Sociales (EHESS) (cf. p. 138).
- (2014). « Savoirs contés : la rhétorique des générations technologiques ». In : *Réseaux* 2014/6.188, p. 53–83 (cf. p. 107).
- Vatin, François (1987). *La Fluidité industrielle : essai sur la théorie de la production et le devenir du travail*. Paris : Méridiens-Klincksieck (cf. p. 103).
- Vinck, Dominique (2007). *Sciences et société : sociologie du travail scientifique*. 2^e éd. Paris : Armand Colin (cf. p. 20).
- (2009). « Construction des sciences et des disciplines scientifiques : question pour la recherche en soins infirmiers ». In : *Recherche en soins infirmiers* 3.98, p. 5–11 (cf. p. 44).

- Vinck, Dominique (2014). « Pratiques d'ingénierie : les savoirs de l'action ». In : *Revue d'anthropologie des connaissances* 8.2, p. 225–43 (cf. p. 198).
- Vinck, Dominique et Gloria Zarama (2007). « La fusion de laboratoires ». In : *Revue d'anthropologie des connaissances* 1.2, p. 267–96 (cf. p. 149, 166, 190).
- Weber, Max (1922). « Wissenschaft als Beruf [Conférence de Munich, 1917 ; Traduction française sous le titre *Le Savant et le politique* par Julien Freund, 1959] ». In : *Gesammelte Aufsätze zur Wissenschaftslehre*. Tübingen : Mohr, p. 582–613 (cf. p. 162).
- (1934). *Die protestantische Ethik und der Geist des Kapitalismus [L'Éthique protestante et l'esprit du capitalisme]*. Tübingen : J.C.B. Mohr (cf. p. 22).
- Whitley, Richard (1974). « Cognitive and Social Institutionalization of Scientific Specialties and Research Areas ». In : *Social Processes of Scientific Development*. Sous la dir. de Richard Whitley. London : Routledge & Kegan Paul, p. 69–95 (cf. p. 25).
- Winner, Langdon (1980). « Do Artifacts Have Politics ? » In : *Daedalus* 109.1, p. 121–36 (cf. p. 82).
- (1986). *The Whale and the Reactor : A Search for Limits in an Age of High Technology*. Chicago : The University of Chicago Press (cf. p. 82).
- Wittgenstein, Ludwig (1953). *Philosophische Untersuchungen [Philosophical Investigations, traduction et publication posthume par G.E.M. Anscombe]*. Oxford : Basil Blackwell (cf. p. 34).
- Woolgar, Steve W. (1976). « The Identification and Definition of Scientific Collectivities ». In : *Perspectives on the Emergence of Scientific Disciplines*. Sous la dir. de Gérard Lemaine, Roy MacLeod, Michael J. Mulkay et Peter Weingart. The Hague, Paris et Chicago : Mouton & Co, Maison des Sciences de l'Homme et Aldine, p. 233–45 (cf. p. 33).

Table des figures

| | | |
|-----|--|-----|
| 1 | Évolution d'une zone d'échanges selon H. M. Collins, Evans et Gorman (2010) | 40 |
| 1.1 | Évolution de la consommation d'énergie primaire en France entre 1970 et 2012, en Mtep. SOeS, ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2014, p. 4) | 55 |
| 1.2 | Évolution de la production d'énergie renouvelable en France entre 1970 et 2012, en Mtep. SOeS, ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2014, p. 5) | 55 |
| 1.3 | Évolution de la production d'énergie renouvelable par filière en France entre 2005 et 2012, en ktep. SOeS, ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (2014, p. 37) | 55 |
| 1.4 | Évolution du prix moyen annuel du baril de pétrole brut, nominal et réel (en dollars de 2014). <i>BP Statistical Review of World Energy 2015</i> , BP (2015). | 57 |
| 1.5 | Consommation de biocarburants dans l'UE, en ktep (2013). EurObserv'ER (2014) | 70 |
| 1.6 | Évolution de la production mondiale de biocarburants, par continent et par type, en Mtep (2004-2014). <i>BP Statistical Review of World Energy 2015</i> , BP (2015) | 70 |
| 1.7 | Organigramme du groupe Sofiprotéol. Source : Sofiprotéol | 79 |
| 1.8 | Évolution de l'indice FAO des prix des produits alimentaires, en termes nominaux et réels. Données : http://www.fao.org/worldfoodsituation/fr/ | 94 |
| 1.9 | Valeurs de réduction des GES selon les types de biocarburants et échéances réglementaires pour leur certification « durable ». En couleurs, les filières existantes en France (UFIP 2012). | 99 |
| 2.1 | Principaux programmes de recherche français sur les bioénergies et évolution du nombre de projets débutés et en cours de réalisation (1994–2013) | 111 |
| 2.2 | Évolution de la distribution des projets en bioénergies, par thématiques de recherche | 121 |
| 2.3 | Évolution de la distribution des projets en bioénergies, en termes de générations | 121 |
| 2.4 | Exemple de réseau de collaborations au sein de projets de recherche sur les bioénergies en France (Programmes AGRICE I & II, PNRB, Bioénergies). | 122 |
| 2.5 | Évolution de la distribution relative des <i>degree centralities</i> de chaque monde social (1994–2013) | 132 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 2.6 | Évolution de la distribution relative des <i>betweenness centralities</i> de chaque monde social (1994–2013) | 132 |
| A.1 | Structure de la base de données relationnelle projBase | 138 |
| A.2 | Interface de la base de données relationnelle projBase | 139 |
| A.3 | Exemple de données relatives à un projet de recherche dans projBase | 139 |
| 3.1 | Identification d'une résistance dans la divergence de production cumulée de méthane à 30% de matière sèche (-a et-b) (Abbassi-Guendouz et al. 2012) | 154 |
| 3.2 | Profils SSCP dont la similitude des pics est questionnée (Milferstedt et al. 2012) | 168 |
| 3.3 | Les BMP, objet au statut ambivalent. Protocole expérimental LBE (2006) | 172 |
| 3.4 | Reconfiguration des équipes de recherche du LBE entre 2002 et 2012 | 177 |
| 3.5 | Pyramide d'âge des personnels permanents du LBE en 2009 | 182 |

Liste des tableaux

| | | |
|-----|---|-----|
| 1 | Modifications d'un ensemble de problèmes selon Gieryn (1978, p. 103) | 30 |
| 1.1 | Évolution des objectifs et des taux d'incorporation de biocarburants classiques | 101 |
| 2.1 | Liste des thématiques de recherche en bioénergies, répartition et exemples de projets . | 119 |
| 3.1 | Les modes de discours au laboratoire, en situation | 171 |
| 5.1 | Exemples d'observations d'espaces de discussion collective sur les bioénergies | 225 |

Manuscrit rédigé en L^AT_EX
Achévé et imprimé en octobre 2015