

SAVOIRS CONTÉS

La rhétorique des générations technologiques

Thomas TARI

L'emploi du terme de génération est d'ordinaire circonscrit à deux domaines¹. 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* ». Elle est en outre fortement liée à la trajectoire sociale de ces innovations et aux controverses qu'elles ont

¹ L'auteur tient à remercier Dominique Cardon, Jean-Philippe Cointet, Ashveen Peerbaye, Élise Tancoigne, Tommaso Venturini ainsi que les relecteurs anonymes pour leurs commentaires, et tout spécialement Marc Barbier et Philippe Breucker de la plateforme CorText de l'IFRIS, pour leur aide à la conception et réalisation de la base de projets.

parfois suscitées dans l'espace public. Par exemple, les pilules contraceptives dites « de nouvelle génération » ou encore « 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. Ces usages et 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. Nous voulons mettre à l'épreuve cette représentation du processus d'innovation, et dévoiler son action performative. Pour ce faire, nous proposons une analyse sociologique du concept de « générations technologiques » dans un cadre qui y recourt abondamment : celui de l'émergence des biocarburants, une forme d'énergie liquide principalement produite à partir de biomasse végétale.

Nous commencerons tout d'abord par présenter succinctement notre objet d'étude – les biocarburants – et les méthodes quali-quantitatives que nous avons mises en œuvre pour l'analyse de leurs « générations ». 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 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 d'un produit ou faire fi des controverses sociotechniques qui le prennent pour cible. Il met en exergue certaines caractéristiques de l'innovation, qu'il érige en critères de distinction de la nocivité ou du bénéfice social de cette dernière. 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 innovations 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 dialoguer avec des publics profanes : tutelles, politiques, financeurs ou citoyens.

OBJET ET MÉTHODES : BIOCARBURANTS ET ANALYSE DES PROJETS DE RECHERCHE SUR LES BIOÉNERGIES

L'histoire des biocarburants est indissociable de celle du pétrole et des moteurs à combustion interne. Nikolaus Otto à la fin du XIXe siècle utilisait de l'alcool, sous la forme d'éthanol, pour alimenter son invention, le moteur à explosion, et Rudolf Diesel privilégia, lui, l'huile d'arachide pour ses moteurs éponymes. La célèbre Ford T roulait en partie à l'éthanol et ce carburant prit aussi une place importante dans l'histoire énergétique française, dès ses débuts sous la forme d'agrocaburant : fabriqué par et pour soutenir le monde agricole². Les travaux sur archives de Michael Carolan (2009) récusent l'idée trop répandue d'une intrinsèque supériorité technique et économique de l'or noir en tant que combustible par excellence, pour expliquer la progressive disqualification de l'éthanol au début du XXe siècle. Selon lui, « cette transition fut la conséquence d'un amalgame de forces qui s'alignèrent de telles sortes à rendre l'alcool éthylique inefficace et non rentable comme carburant alternatif ». Quoi qu'il en soit, le pétrole peu cher confina pour longtemps ce que l'on nomme aujourd'hui « biocarburants » à un rôle de carburants « de substitution », tel le bois employé par les véhicules gazogènes ou encore l'éthanol des V1 et V2 pendant la Seconde Guerre mondiale. Ce sont les crises pétrolières des années 1970 qui relancèrent l'opportunité de développer des méthodes alternatives de production énergétique. En France, la réponse au premier choc consista exclusivement en un important programme électronucléaire afin de réduire la consommation de fioul domestique : celui-ci ne satisfait cependant pas les automobilistes avides d'énergie sous une forme liquide. Le plan Carburol puis le plan Hervé de 1981 et 1982, permirent à la suite du deuxième choc pétrolier d'inaugurer d'ambitieux pilotes de recherche sur les biocarburants (à Soustons et Clamecy notamment), mais ces recherches furent rapidement abandonnées à cause du contre-choc et du retour d'une essence bon marché.

C'est une autre crise, celle de la politique agricole commune, qui installa durablement les biocarburants dans l'espace européen. La surproduction agricole au début de la décennie 1990 entraînait une importante baisse du prix des matières premières et par des mécanismes de compensation, une hausse des subventions de la CEE qui engloutissait l'essentiel du budget communautaire. La principale mesure de réforme proposée, l'instauration de la jachère, soit la mise au repos de 15 % des terres arables, mécontentait

² On surnommait le superternaire « carburant agricole de la IIIe République », ou encore « combustible national » (Scarwell, 2007).

fortement la profession agricole. Les agriculteurs, au premier rang desquels les producteurs de la filière oléoprotéagineuse française, portèrent alors la solution d'autoriser la plantation, sur les terres en jachère, de cultures à usage non alimentaire : principalement à vocation énergétique. Les biocarburants européens actuels étaient nés, non seulement sous la forme d'éthanol issu de maïs ou betterave, mais principalement comme biodiesel produit à partir d'huile de colza³. Dans les vingt dernières années, de 1994 à 2014, d'importants programmes de recherches furent lancés, et la part de biocarburants augmenta progressivement jusqu'à représenter, en 2012, 7 % de l'énergie totale consommée par les transports en France (il s'agit donc, de loin, de la première source d'énergie renouvelable !). Le développement des biocarburants se présente aujourd'hui dans les discours comme une réponse aux défis conjoints de la transition énergétique, d'enjeux environnementaux liés au changement climatique, de la sécurité et de l'indépendance des approvisionnements nationaux en énergie, ainsi que de l'essor économique et territorial du secteur agricole et des espaces ruraux. La mainmise du monde agricole reste prépondérante en ce qui concerne leur production⁴.

Il est important de rappeler ici la forme spécifique qu'ont prise les biocarburants en Europe⁵, 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. Nous proposons donc de comprendre ce que l'on entend par « différentes générations » de biocarburants, à travers l'étude des dynamiques de recherche et développement de cette innovation.

³ Entre 65 et 85 % de la production française de colza est destinée aux biocarburants, après transestérification.

⁴ Le leader mondial du biodiesel, le groupe français Diester Industrie, au chiffre d'affaires de 2,7 milliards d'euros, est une filiale du groupe Sofiprotéol, dont le président se trouve être aussi, depuis 2010, le président du syndicat agricole historique et majoritaire, la FNSEA.

⁵ Ce n'est pas le cas aux États-Unis et au Brésil, où l'éthanol est identifiable à la pompe et connu de la population.

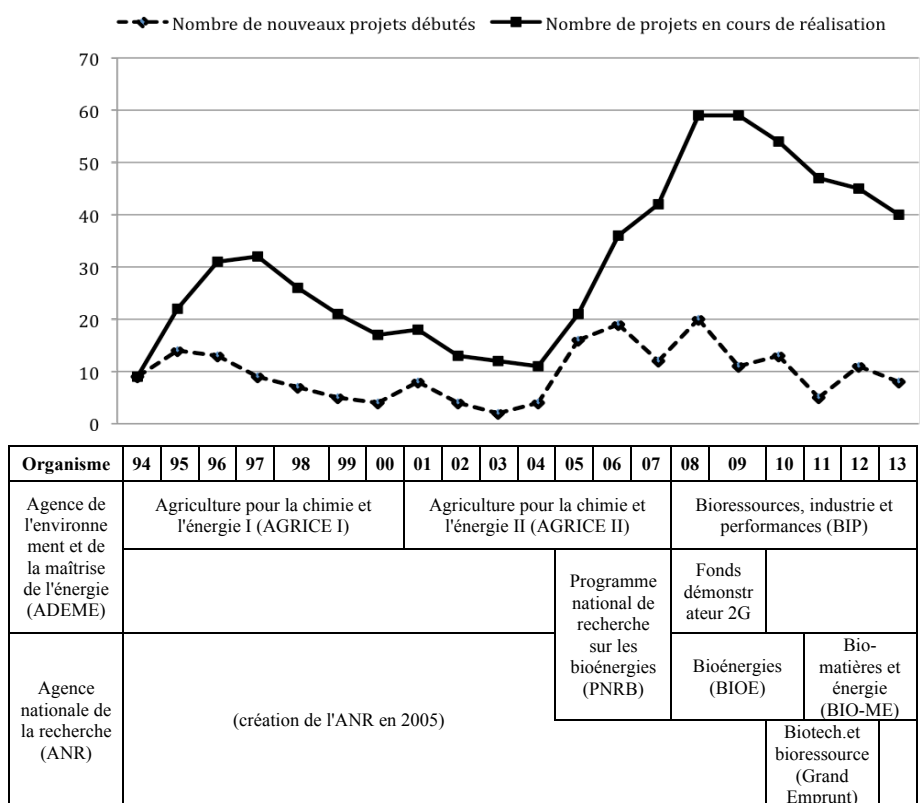
Nous mobiliserons à cet effet quelques-uns des cinquante entretiens que nous avons réalisés avec des chercheurs et managers de la recherche sur les biocarburants. Nous avons aussi développé une méthode quali-quantitative originale, qui permet de rendre compte des dynamiques de recherche entreprises. 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 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 et al. (2007), p. 8)

Ce n'est pas tant la focalisation sur la seule publication scientifique qui pose problème que le manque de données structurées sur sa conception. Nous nous sommes donc proposé 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 compte d'une durée et d'une évolution. 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 ; 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 et al. (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 France⁶ autour d'un domaine spécifique, celui des bioénergies.

FIGURE 1. Programmes de recherche français sur les bioénergies et évolution du nombre de projets de recherche débutés et en cours



⁶ 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.

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 1⁷. 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 exhaustivité⁸.

La base de données relationnelle contient à ce jour 197 projets de recherche. Elle renseigne beaucoup d'informations relatives aux projets, aux organisations – publiques ou privées – qui y prennent part (plus de 450) et enfin aux chercheurs ou managers de la recherche qui y participent (notamment leur parcours professionnel). Si une telle démarche de recension est chronophage, nous souhaitons souligner ses avantages 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.

⁷ 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 décarbonnées (IEED) du Grand emprunt...

⁸ 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*.

UNE CONCEPTION DU DÉVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE LINÉAIRE ET NATURALISTE

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 ». 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.

Directeur d'un laboratoire CNRS de génie des procédés

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.

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 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 1, qui indiquent l'évolution du nombre de projets débutés, et du nombre de projets en cours par année⁹. 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

⁹ Nous privilégierons dans la suite de l'article cet indicateur prenant en compte la durée, et donc la vie, d'un projet.

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.

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. 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 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 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.

Cette temporalité implicite du progrès, présentée comme naturelle, ne répond en effet pas à une logique inéluctable ; elle ne reflète pas la conduite effective des opérations, dans la mesure où, par exemple, des recherches sur les procédés de 2^e génération¹⁰ – qui n'étaient évidemment pas nommés ainsi – précédèrent celles de la décennie 1990 sur des procédés dits de première génération ! Les partisans du courant d'étude des sciences et des techniques intitulé *social construction of technology* partageaient comme manifeste le

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

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))

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), une lignée. L'extrait d'entretien précédent souligne sa transposition au champ technologique, véhiculant « l'idée que l'un engendre l'autre... ». Quelle rationalité sous-jacente certains innovateurs du domaine des bioénergies supposent-ils derrière cette conception linéaire du développement technique en une succession dénombrable de générations ?

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 Geoffrey Bowker et Susan Leigh Star (2000), 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 des ressources diverses qui a servi de critère à la hiérarchisation de ces dernières en groupes distincts :

Directeur industriel du pilote 2G Futurol

[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.

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.

Professeur à l'UTC, directeur de pôle de compétitivité

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 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.

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

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. Pour cela, nous avons produit deux graphes qui retracent l'évolution de la répartition des projets en cours, selon deux principes de classification : le premier correspond aux grandes catégories indigènes présentes dans les appels à projets, les rapports d'évaluation des programmes et feuilles de route (ADEME, 2011) ; le second réinvestit ces catégories en termes de générations, selon les acceptions généralement données à ce terme¹¹.

¹¹ 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. Évolution de la distribution des projets par thème de recherche

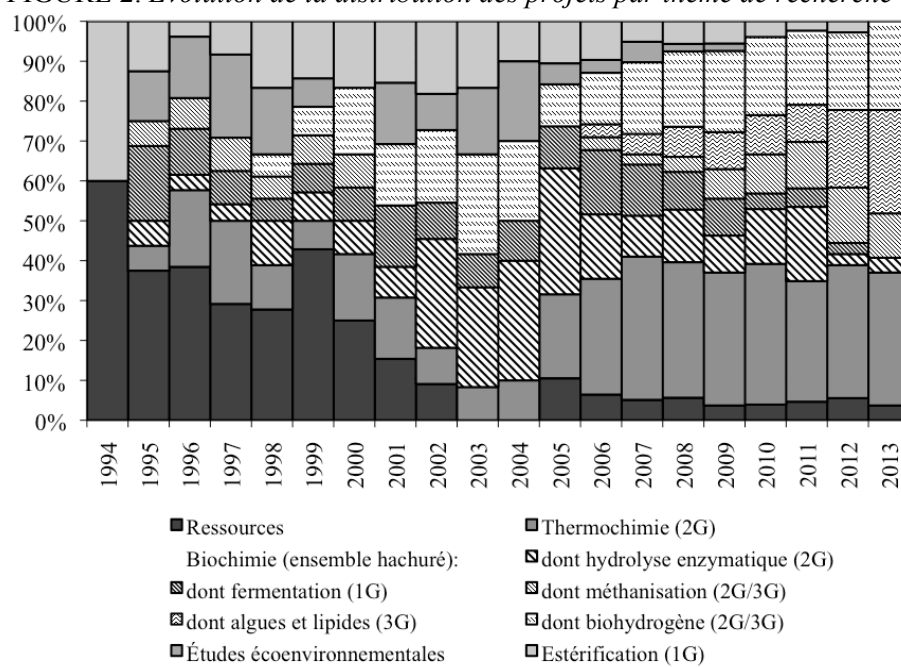
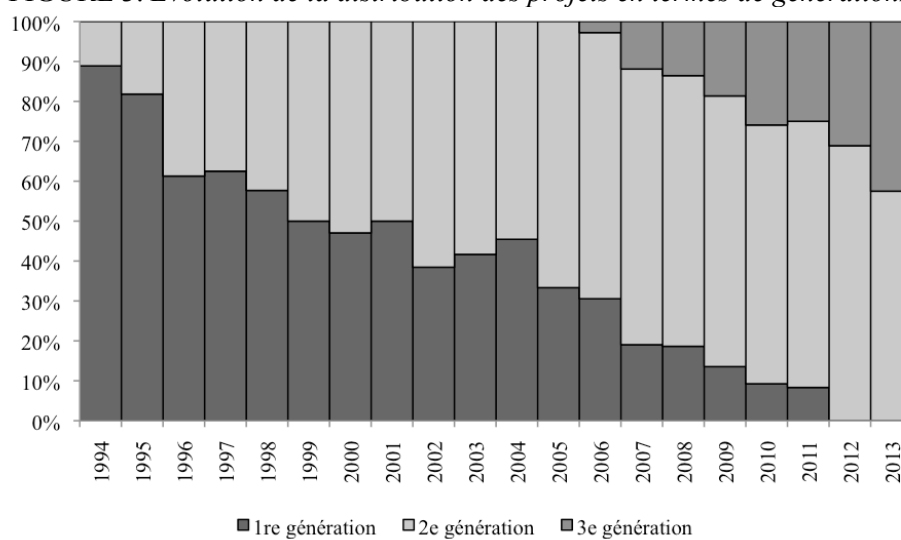


FIGURE 3. Évolution de la distribution des projets en termes de générations



La figure 2 distingue des recherches portant sur la production et mobilisation de ressources et diverses filières de transformation de cette biomasse, par des procédés issus de différentes disciplines. La conceptualisation naturaliste des générations, portée par des acteurs spécialistes de biochimie (et donc habitués à raisonner à partir de notions biologiques), ne rend compte que d'un champ singulier de recherche, celui de l'éthanol obtenu par hydrolyse enzymatique (représenté ici par la hachure la plus large). 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.

La figure 3 permet de visualiser l'effet performatif du 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 (cf. figure 2), 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 des recherches très diverses, elle ne traduit en rien certains grands cloisonnements inhérents au monde scientifique et industriel des bioénergies. La carte-réseau des collaborations entretenues au sein de projets de recherche¹² nous montre que les acteurs travaillant sur les ressources, ceux qui œuvrent à améliorer des procédés thermochimiques 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 voies constituent en effet des manières très différentes d'appréhender la production d'énergie : tel projet sur la ressource va étudier comment récupérer mécaniquement les petits branchages abandonnés au sol après la coupe d'arbres en montagne, un projet thermochimique pourra mobiliser de l'énergie nucléaire pour gazéifier de la biomasse dans un four à 1400°C, le procédé Fischer-Tropsch permettant ensuite de transformer ce gaz en combustible liquide, alors que tel projet biochimique va, lui, s'inspirer du système digestif de la termite ou encore de la vache pour produire du

¹² Une interface d'exploration dynamique du réseau de collaborations est accessible ici : <http://bioenergies.cortext.net>.

méthane... Tous seront pourtant assimilés sous l'étendard de la « deuxième génération ». Certains acteurs considèrent donc qu'aujourd'hui, faute de fondements scientifiques partagés, le concept de générations n'a plus lieu d'être employé entre spécialistes.

Responsable carburants alternatifs chez Airbus

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.

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 eux, la distinction de différents types de matières premières renvoie surtout aux possibles usages alternatifs et donc concurrentiels qui en sont faits : leur définition des générations repose avant tout sur des ruptures sociales, voire morales.

LA MISE EN EXERGUE DE RUPTURES SOCIALES 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.

À partir de 2007 et 2008, les filières de production de biocarburants ont été aux prises à l'échelle mondiale avec de nombreuses controverses, 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). Sans nous prononcer sur le bien-fondé des imputations de la controverse intitulée *Fuel versus Food* – 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. 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.

Responsable de la 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, pourquoi ?

Responsable de la thématique biomasse à l'INRA

Ben, c'est la pression des lobbies agricoles, quoi.

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. 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 des premières. 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.

Directeur du programme Bioénergies à l'ANR

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 ».

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. 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.

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.

Car les problèmes soulevés par la controverse autour des biocarburants peuvent affecter toutes les générations, et certaines filières de la « première » en être exemptes. Des analyses de cycle de vie des 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 :

Responsable biocarburants chez Total

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...

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). 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 :

Directeur de recherche au CIRAD

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 !

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. 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 !

Directeur industriel du pilote 2G Futurol

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.

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.

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 capacité 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.

Ex-directeur du département bioressources à l'ADEME

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.

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 ?

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 ; 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'emploie comme mesure de l'interdisciplinarité). Pour ces deux indices, nous avons sommé les centralités de nœuds appartenant à une même catégorie et rapporté ces nouveaux indicateurs en proportion du total. Le graphe 4 indique donc, par an, la proportion de collaborations entretenues par chaque secteur d'activité et le graphe 5 indique la force de chaque secteur à se positionner comme intermédiaire indispensable.

La lecture du graphe 4 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.

FIGURE 4. *Évolution de la distribution relative des degré centralities de chaque monde social*

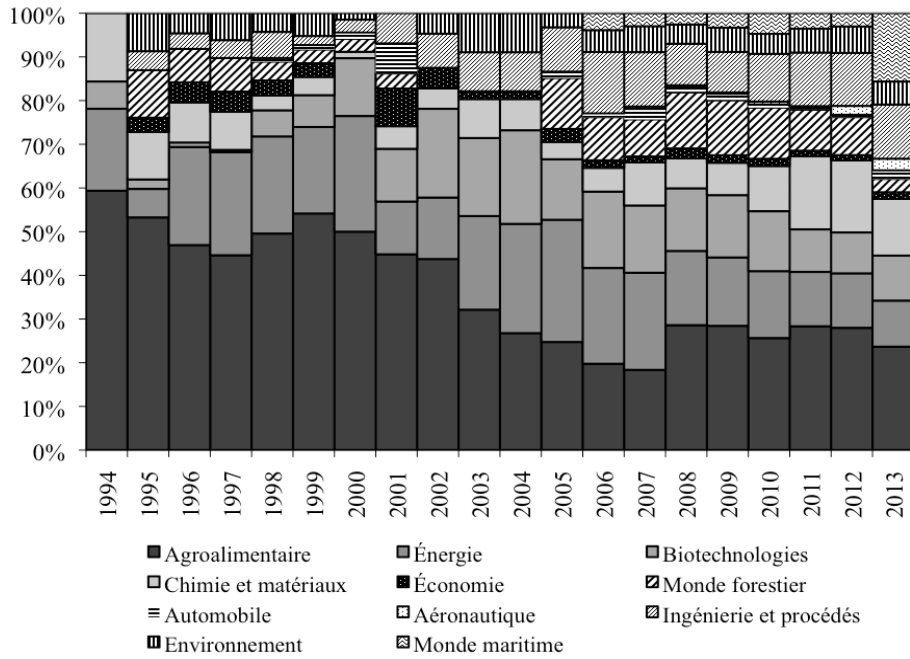
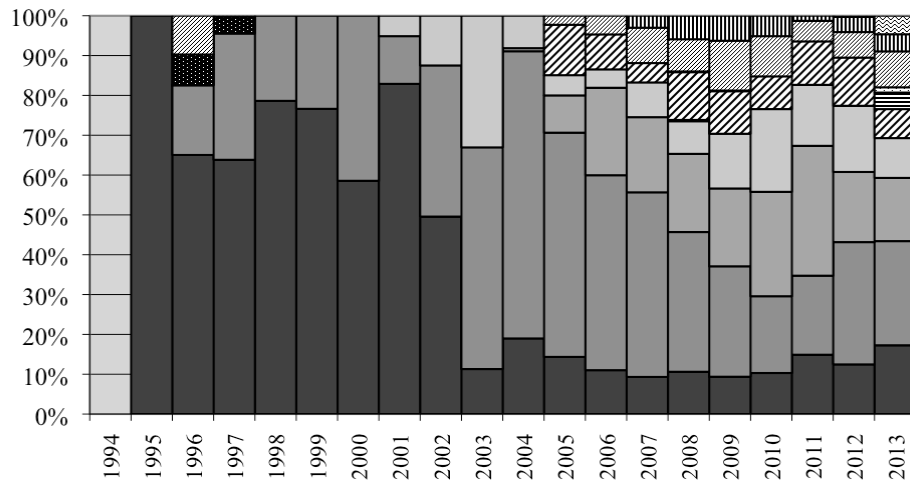


FIGURE 5. *Évolution de la distribution relative des betweenness centralities de chaque monde social*



Le second graphe (figure 5) 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 parler d'agrocarburants en évoquant les produits de ces recherches, conduites jusqu'au début des années 2000, période à laquelle le nombre total de projets décline¹³. 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) qui 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 premier appel d'offres du PNRB, en 2005, regroupe toutes ces opérations en une première étape, et justifie sa propre existence sur le principe nouveau des générations :

¹³ 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.

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.

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 2005¹⁴ 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. Ces deux compagnies pétrolières nationales proposaient de produire du « *next generation biodiesel* », « *more advanced* » au sein du projet 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 tout type de filière :

Responsable biocarburants chez Total

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.

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. Son usage du terme de générations fut en cela performatif : en désignant sous ce vocable l'ensemble

¹⁴ Les premiers articles scientifiques mentionnant des « second generation biofuels » apparaissent en 2006.

des recherches futures de ses membres, elle a 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 ».

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.

CONCLUSION

Cet article s'est donné pour objet l'analyse de la rhétorique des générations technologiques dans le cas des biocarburants ; il ne peut donc, sans avoir mené d'étude quali-quantitative similaire dans d'autres domaines, prétendre recenser l'ensemble de ses usages. Nous proposons néanmoins d'en tirer quelques conclusions, qui nous paraissent généralisables.

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, 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 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 par une innovation.

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 texte constitue donc un plaidoyer à l'abandon de ce concept, 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 ; cet article a 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...

RÉFÉRENCES

- ADEME, 2010, « Analyses de cycle de vie appliquées aux biocarburants de première génération consommés en France », Étude réalisée pour le compte de l'ADEME, du Ministère de l'Écologie (MEEDEM), du Ministère de l'Agriculture (MAAP), et de France Agrimer par BIO Intelligence Service.
- ADEME, 2011, « Feuille de route sur les biocarburants avancés », *Connaître pour agir*, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME).
- AKRICH M., 1989, « La construction d'un système socio-technique. Esquisse pour une anthropologie des techniques », *Anthropologie et Sociétés*, 13, 2, p. 31-54.
- BARRIER J., 2011, « La Science en projets : financements sur projet, autonomie professionnelle et transformations du travail des chercheurs académiques », *Sociologie du travail*, 53, 4, p. 515-536.
- BEAVER D., 2001, « Reflections on Scientific Collaboration (and its study): Past, Present, and Future », *Scientometrics*, 52, 3, p. 365-377.
- BECK U., 1986, *Risikogesellschaft. Auf dem Weg in eine andere Moderne*, Frankfurt am Main, Suhrkamp Verlag KG.
- BIJKER W.E., 1997, *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change*, Cambridge, MA, MIT Press.
- BOWKER G.C., STAR S.L., 2000, *Sorting Things Out: Classification and Its Consequences*, Cambridge, MA, MIT Press.
- CAROLAN M.S., 2009, « Ethanol versus Gasoline: The Contestation and Closure of a Socio-technical System in the USA », *Social Studies of Science*, 39, 3, p. 421-448.
- FERGUSON E.S., 1974, « Toward a Discipline of the History of Technology », *Technology and Culture*, 15, p. 13-30.
- HUBERT M., LOUVEL S., 2012, « Le Financement sur projet : quelles conséquences sur le travail des chercheurs ? », *Mouvements*, 71, 3, p. 13-24.
- JOLY P.-B., 2010, « On the Economics of Techno-scientific Promises », dans AKRICH M., BARTHE Y., MUNIESA F., MUSTAR P. (dirs.), *Débordements. Mélanges offerts à Michel Callon*, Paris, Presse des Mines, p. 203-222.
- JOUVENET M., 2011, « Profession scientifique et instruments politiques : l'impact du financement sur projet dans les laboratoires de nanosciences », *Sociologie du travail*, 53, 2, p. 234-252.
- KATZ S., MARTIN B., 1997, « What is research collaboration? », *Research Policy*, 26, 1, p. 1-18.
- LARDON L., HÉLIAS A., SIALVE B., STEYER J.-P., BERNARD O., 2009, « Life-Cycle Assessment of Biodiesel Production from Microalgae », *Environmental Science & Technology*, 43, 17, p. 6475-6481.
- LATOUR B., 2006, *Petites leçons de sociologies des sciences*, Paris, La Découverte.
- LEYDESDORFF L., 2006, « Betweenness Centrality as an Indicator of the Interdisciplinarity of Scientific Journals », *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 58, p. 1303-1309.
- MANNHEIM K., 1928, « Das Problem der Generationen [traduction française par Gérard Mauger et Nia Perivolaropoulou en 1990] », *Kölner Vierteljahreshefte für*

Soziologie, VII, p. 157-185, 309-330.

SCARWELL, H.-J. (dir.), 2007, *Biocarburants, les temps changent ! Effet d'annonce ou réelle avancée ?*, Villeneuve d'Ascq, Presses universitaires du Septentrion.

SHAPIN S., SCHAFFER S., 1985, *Leviathan and the Air-pump: Hobbes, Boyle and the Experimental Life*, Princeton, Princeton University Press.

SHRUM W., GENUTH J., CHOMPALOV I., 2007, *Structures of Scientific Collaboration*, Cambridge, MA, MIT Press.

STAR S.L., GRIESEMER J., 1989, « Institutional Ecology, "Translations" and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39 », *Social Studies of Science*, 19, 3, p. 387-420.