

Article

Dossier Engagement public des chercheurs Cultures épistémiques et engagement public des chercheurs dans la controverse OGM

Christophe Bonneuil

Historien des sciences au CNRS, Centre Alexandre Koyré – Centre de recherche en histoire des sciences et des techniques, Muséum national d'histoire naturelle, CP 25, 57 rue Cuvier, 75231 Paris cedex 05, France

Mots-clés :
OGM ; controverse ;
cultures épistémiques ;
engagement
des chercheurs ;
France

Résumé – De l'appel Berg en 1974 aux appels « Défendons la recherche » et « Ouvrons la recherche » en 2003, les biologistes n'ont cessé d'interpeller et de se faire interpeller dans l'espace public autour des enjeux et des risques potentiels liés au génie génétique. Les engagements éphémères, mais proactifs, des années 1970 s'opposent aux engagements plus réactifs des pétitions de chercheurs postérieures aux destructions d'essais depuis 1999. L'engagement des chercheurs depuis 1996 apparaît lié à une compétition entre trois cultures épistémiques : la biologie moléculaire, la biologie des populations et l'agronomie des systèmes de culture.

Keywords:
GM controversy ;
epistemic cultures ;
scientist commitment ;
France

Abstract – Epistemic cultures and scientist's public commitment in the GMO controversy. From the 1974 "Berg letter" to the petitions « *Défendons la recherche* » and « *Ouvrons la recherche* » in 2003, biologists have often alerted – and been challenged in – the public arena regarding the risks and stakes of genetic engineering. The paper first compares the scientists' public commitment on GMOs in the 1970's and in recent years. Around 1975, a short-lasting GM controversy arose from the mobilization of young committed biologists. In sharp contrast to this proactive commitment, most of the seven petitions signed by scientists after 1996 were rather reactive and instigated by destructions of GM field trials. These results are discussed in the wider context of change in the scientists' public commitment since 1968. Among the 3217 signatories of these petitions, a correlation is shown between disciplinary affiliation and public opinion expressed on GM crops. The paper finally shows how the trajectory of the French GM controversy in public arenas has co-evolved with the competition between three epistemic cultures (molecular biology, population biology and farming systems agronomy) in framing GMO risks and biosafety.

Après la Seconde Guerre mondiale, de nombreux physiciens, tel Francis Crick, se reconvertirent dans ce qui allait devenir la biologie moléculaire. Ils quittaient une discipline fortement exposée au débat public, par l'irruption du danger nucléaire global, pour rejoindre un domaine prometteur de découvertes considérées comme bienfaites pour l'humanité. Mais voilà que la génétique et la biologie moléculaire entrent à leur tour, dans les années 1970, dans l'ère des risques potentiels et des controverses publiques sur leurs enjeux et sur leur régulation... À la croisée de l'histoire et la sociologie des

sciences, de l'histoire des intellectuels et de la sociologie des problèmes publics, cet article étudie, dans ce contexte, l'engagement public des chercheurs français sur les enjeux du génie génétique¹.

L'engagement des chercheurs sur les OGM a pris, depuis 1974, de multiples formes : lutter au sein des laboratoires, lancer ou signer une pétition, publier une tribune dans la presse, s'impliquer dans une association

Auteur correspondant :
bonneuil@damesme.cnrs.fr

C. Bonneuil est chercheur associé à l'unité Transformations sociales et politiques liées au vivant (TSV) de l'Inra.

¹ Cet article s'inscrit dans une recherche plus large en vue d'un ouvrage analysant la controverse OGM dans une perspective d'histoire sociale, intellectuelle et politique des sciences du végétal en France (transformations de l'expertise, dynamique des recherches sur les impacts des PGM, engagement public des chercheurs, destruction d'essais et interpellations de la recherche, gestion de la controverse par la direction de l'Inra, etc.)

ou défendre un secteur économique, intervenir dans des débats publics ou des auditions parlementaires, témoigner dans un procès, peser dans l'arène² professionnelle agricole où se négocient les positionnements des responsables des filières, etc. Nous partirons ici des appels et des pétitions comme fil conducteur de l'analyse, car la signature d'appels reste un mode majeur de l'engagement intellectuel. Par leur dimension collective, et par leur possible mise en série, ces appels offrent en outre une prise féconde à l'objectivation historique et sociologique. Ils permettent de repérer des temporalités dans l'engagement – que l'on peut tenter de relier aux transformations du débat public –, de « peser » les signataires mobilisés et leur influence éventuelle sur la trajectoire de la controverse publique. Nous pourrions alors nous demander pourquoi, alors que la controverse publique s'est déployée depuis 1996, ce n'est pas avant 1999 (voire 2003) que surgissent des pétitions aux effectifs dépassant celui d'un appel de 1975 ; et pourquoi cet appel, lui, avait échoué à mettre les enjeux du génie génétique à l'agenda des arènes publiques.

L'analyse des pétitions et de leurs signataires offre enfin une cartographie de l'espace des prises de positions et apporte quelques régularités éclairant les ressorts de l'engagement. Nous examinerons ainsi la question controversée d'une corrélation éventuelle entre l'engagement public des biologistes et leur position disciplinaire dans le champ des sciences de la vie. Certains ont affirmé l'unicité du point de vue « du biologiste » dans le débat OGM, « si l'on se situe strictement sur le plan biologique » (Jollivet et Monoulou, 2005, p. 51). Cette thèse affirme que les seules différences d'appréciation des biologistes relèveraient d'opinions politiques sur les enjeux socioéconomiques des OGM. Elle tend ainsi à durcir une frontière entre « science » (une biologie unanime sur des faits non problématiques) et « société » (livrée au choc des opinions et des passions) (Latour, 1999). À l'opposé, d'autres travaux ont mis au jour des controverses sur l'appréciation et la qualification des risques des OGM, entre biologistes moléculaires et biologistes des populations, et ont souligné l'existence de « cadrages », c'est-à-dire d'hypothèses socioéconomiques, inhérents à toute appréhension scientifique des risques (Krimsky, 1996 ; Roy, 2001). Cette vision s'accorde mieux avec l'histoire et la sociologie des sciences de ces dernières décennies, qui voit les sciences comme un archipel de cultures matérielles, de langages et de pratiques hétérogènes. Thomas Kuhn (1983) avait déjà insisté sur une incommensurabilité entre « paradigmes ». La notion de « culture épistémique », mise en avant par l'anthropologue des sciences Karin Knorr-Cetina, prolonge celle de paradigme dans sa volonté de tenir ensemble les dimensions cognitives (théories et modes de raisonnement), techniques (problèmes

jugés pertinents et dispositifs empiriques) et sociales de l'activité scientifique (Knorr-Cetina, 1999). Il convient donc d'abandonner, y compris à propos des OGM, une vision des sciences comme monde unifié partageant une même façon de connaître ; nous établirons au contraire le lien étroit existant entre prise de position publique sur les OGM et culture épistémique d'appartenance au sein des sciences biologiques et agronomiques.

Mais, de leur côté, les études des sciences et l'histoire des intellectuels pèchent souvent par une représentation trop unifiée et indiscriminée de l'espace public. Aussi, pour suivre la dynamique de compétition, dans le débat OGM, entre trois cultures épistémiques pour le cadrage des risques agri-environnementaux des plantes transgéniques (biologie moléculaire, biologie des populations et agronomie systémique), mobiliserons-nous les outils des sociologies de l'action publique et des problèmes publics, qui distinguent dans l'espace public une mosaïque d'arènes : arène scientifique, arène de l'expertise, arène réglementaire, arène politique, arène des médias, arène des actions militantes, arène judiciaire, arène économique et professionnelle, etc. (Cefaï, 1996). L'évolution du débat public sur les OGM s'analyse dans cette optique comme la trajectoire d'un « problème public », où se succèdent des configurations caractérisées par l'intensité de mobilisation et les cadrages dominants au sein de chacune de ces arènes et aux interfaces entre celles-ci (Joly *et al.*, 2000). Ainsi outillé, nous mettrons en évidence une imbrication et une coévolution, médiées notamment par l'engagement scientifique, entre dynamique des cultures épistémiques et trajectoire de la controverse OGM.

L'engagement des scientifiques à propos des OGM des années 1970 à aujourd'hui

Les années 1970 : des mobilisations locales et éphémères³

Transformer un organisme d'une espèce en y insérant, par un véhicule viral, un fragment d'ADN issu d'une autre espèce est chose faite dès 1973. C'est Paul Berg, un protagoniste du génie génétique, qui lance l'alerte sur les risques potentiels de ces nouveaux objets. Et il obtient la création d'un comité sur l'ADN recombinant par l'Académie américaine des sciences, composé des biologistes moléculaires les plus en vue, tel le prix Nobel James Watson. Ce comité lance l'alerte dans *Science*, appelant la communauté scientifique à un moratoire sur les expériences de recombinaison génétique (Berg *et al.*, 1974). Outre les

³ Outre des archives (Institut Pasteur, MIT et Institut Jacques Monod) et de nombreuses publications, cette section s'appuie sur des entretiens avec Michel Morange, Geneviève Gonzy, John Stewart, Philippe Gay, Régis Chambert et Marie-Françoise Petit-Glatron.

² Voir ci-après sur la notion d'arène.

usages militaires, le danger alors redouté est que les bactéries génétiquement modifiées, disséminées accidentellement dans l'environnement, subissent des mutations de l'ADN du virus vecteur, qui fassent apparaître de nouveaux agents pathogènes pour l'homme. « Vous pouvez arrêter de provoquer la fission de l'atome [...] Mais vous ne pouvez pas rappeler au néant une nouvelle forme de vie [...] une atteinte irréversible à la biosphère », s'inquiète ainsi le biochimiste Erwin Chargaff (1976, p. 938).

Apparue peu après en France, l'alerte s'éloigne sensiblement du cas américain. Elle n'émane pas de grands noms mais de jeunes chercheurs, regroupés dans le Groupe d'information biologie (GIB) créé début 1975. On retrouve un type de collectif cousin du Groupe d'information sur les prisons, du Groupe d'information santé ou du Groupement des scientifiques pour l'information sur l'énergie nucléaire⁴. Le manifeste du GIB demande « la suspension immédiate » des expériences de manipulation génétique. S'ils évoquent brièvement la possibilité d'« épidémies incontrôlables », les 320 « travailleurs scientifiques » signataires développent plus les enjeux de pouvoir que les questions de risques : « Cette étonnante précipitation s'explique par la féroce compétition scientifique pour la conquête d'éventuels lauriers et par l'espoir d'alléchantes retombées commerciales pour ceux qui financent ces recherches⁵. »

Contrairement à l'appel Berg de 1974 ou à l'appel Russel-Einstein en 1955, typiques d'une posture de savants responsables alertant l'humanité d'un danger dont ils détiennent par leur science une connaissance privilégiée, le GIB affirme : « [...] nous refusons de nous constituer en contre-experts ou de réclamer un pouvoir de décision pour nous-mêmes⁶. » Alors que l'appel Berg convoque une conférence internationale de scientifiques (à Asilomar, en février 1975), le manifeste du GIB revendique « un contrôle par tous les travailleurs et non par des experts qui se sont désignés eux-mêmes ». On retrouve ici bien des traits des nouvelles formes d'engagement des chercheurs après 1968.

La controverse sur l'ADN recombinant occupera fortement l'espace public aux États-Unis jusqu'à la fin des années 1970 : mise à l'agenda dans l'arène médiatique à partir d'Asilomar, mais aussi au niveau parlementaire avec plusieurs projets de loi au Congrès ; discussions dans plusieurs conseils municipaux ; colloques scientifiques ; mobilisations de plusieurs groupes écologistes, etc. En France, par contre, le GIB ne parvient pas à constituer les impacts du génie génétique comme problème public. D'intenses conflits se nouent dans quelques centres

de recherche, mais la question disparaît des médias nationaux dès l'automne 1975.

Pour expliquer ce contraste avec la situation américaine, le sociologue Herbert Gottweis (1998) invoque le fonctionnement hiérarchique, centralisé, des institutions scientifiques françaises, confinant aux marges les voix critiques, et un enclavement de l'expertise et de la régulation des biotechnologies dans un cercle d'experts. Promoteurs du génie génétique, les cinq biologistes français qui participent à la conférence d'Asilomar vont tirer les leçons de l'expérience américaine. Ils opposeront aux critiques le consensus d'Asilomar, qui réduit le problème à des questions techniques de confinement des laboratoires (Wright, 1994). Ils s'efforceront aussi d'éviter l'incendie médiatique que connurent les États-Unis. L'un d'eux, Philippe Kourilsky, se demande même « de quel droit dix personnes [Berg et ses collègues] ont fait une chose comme cela [...] ils ont communiqué [leur alerte] comme des fous [...] ». Cela s'est répandu dans le monde entier [...] et a créé du bazar à des endroits où cela aurait pu être évité⁷ ».

Ce premier type d'explication, qui rejoint l'analyse de nombreux auteurs opposant une culture institutionnelle plus ouverte des États-Unis, en matière de régulation des risques dans les années 1970, à un modèle français technocratique reste toutefois insuffisant. Ne faut-il pas aussi chercher une explication dans les formes d'engagement des jeunes scientifiques, critiques eux-mêmes, et dans leur façon de cadrer le problème des manipulations génétiques ? Leurs réticences relèvent souvent d'un souci de conserver un caractère autonome, hypothético-déductif, à leur activité face à ce qu'ils ressentent comme une logique de l'outil. Leur critique du génie génétique est fortement enchâssée dans un terreau de luttes sociales et anti-autoritaires dans les laboratoires qui oppose les figures du « technicien » et du « chercheur de base » (souvent liés au gauchisme) aux « mandarins ». Ce type de combats débouchera sur une démocratisation des laboratoires (conseils de laboratoire, etc.), mais leur cadrage, plus anti-autoritaire que soucieux des risques, et le refus d'une posture de contre-expertise ont sans doute limité la mobilisation au-delà des milieux de la recherche.

Après 1996, des chercheurs pris dans une intense controverse

Après une période quasi muette en termes de débat public sur les biotechnologies, dans les années 1980, une nouvelle phase de mise à l'agenda des OGM dans les arènes publiques débute dans les années 1990 face à la perspective de mise sur le marché de plantes transgéniques. Pour approcher l'engagement des chercheurs

⁴ Voir, dans ce numéro, l'introduction de Christophe Bonneuil au dossier intitulée, « De la République des savants à la démocratie technique : conditions et transformations de l'engagement public des chercheurs ».

⁵ *Le Monde*, 12 juin 1975.

⁶ *Le Monde*, 24 juillet 1975.

⁷ Interview with P. Kourilsky, March 20th, 1976. Archives du MIT, MC 100 box 9, f. 113, p. 23.

Encadré. Les sept principales pétitions de chercheurs sur les OGM en France.

- (a) Mai 1996 : « Appel des scientifiques » pour un moratoire de 5 ans. Appel international de l'ONG *Third World Network*, relayé en France par l'association Ecoropa et Jean-Marie Pelt ; environ 60 signataires français.
- (b) Juin 1999 : « Lettre ouverte des chercheurs aux citoyens », initiée par la généticienne A.-M. Chèvre, suite à la destruction d'un essai Cetiom-Inra (*Libération*, 23 juin 1999) ; 337 signataires.
- (c) Janvier 2000 : « *Scientists in Support of agricultural biotechnology* », à l'initiative de C.S. Prakash, professeur de biologie moléculaire américain. Elle est signée par près de 3 400 chercheurs, dont environ 40 français.
- (d) Novembre 2001 : « Déclaration » de 65 académiciens français, rendue publique le 22 novembre lorsque débute le procès en appel des destructions de juin 1999 au Cirad.
- (e) Mi-2003 : « En notre nom », appel signé par 111 personnalités dont 21 chercheurs et enseignants-chercheurs. Il prolonge une pétition nationale ayant rassemblé 600 000 signatures pour la grâce de José Bové.
- (f) Juillet 2003 : une première lettre (f1) de chercheurs et enseignants-chercheurs de Montpellier au président de la République, réclamant la grâce de J. Bové suite à son incarcération, lancée le 1^{er} juillet, fut ensuite relayée par une lettre nationale (f2) le 7 juillet (au total 806 signataires).
- (g) Septembre 2003 : « Défendons la recherche », pétition lancée par des chercheurs du secteur public et de la société Biogemma pour dénoncer les destructions d'essais de l'été 2003 ; environ 2 200 signataires.

dans ce contexte, commençons par l'analyse des sept pétitions importantes de la période (Encadré).

Malgré l'ampleur des controverses et des mobilisations que suscitent les OGM après 1996, seules les quatre pétitions ayant recueilli le moins de signatures prennent explicitement position sur les risques, les enjeux et les bénéfices des cultures transgéniques. D'un côté, les OGM y sont vus comme un « progrès » (d) et les régulations spécifiques aux OGM sont dénoncées (c) ; de l'autre, les risques sont mis en avant (a) et les fauchages, justifiés comme ayant « permis au public français de prendre conscience des enjeux des OGM, qui vont de la dépendance des paysans pour leurs semences aux risques désormais avérés pour les écosystèmes, en passant par les interrogations [...] sur les conséquences à long terme pour la santé » (e). Au total, moins de 200 chercheurs français ont signé l'un de ces quatre appels, nés pour trois d'entre eux hors du milieu scientifique hexagonal. Depuis 1996, il ne s'est donc trouvé parmi les chercheurs français que peu d'« entrepreneurs » d'appel et de signataires pour prendre proactivement position sur les enjeux des cultures transgéniques commerciales. Le contraste est net avec les années 1970 où, sans l'outil Internet et en l'absence de controverse publique forte, le GIB pouvait rassembler 320 noms en quelques semaines. Contrairement aux années 1960 et 1970, exposer son nom pour une cause apparaît majoritairement comme une transgression de la frontière entre « science » et « politique » et comme un échec à régler les problèmes au sein des arènes scientifiques et d'expertise compétentes. Lancer ou signer des appels ne fait plus partie des habitudes des chercheurs en sciences de la vie.

L'emballage des pétitions ne se produit finalement qu'à partir de juin 1999, avec la destruction d'essais de recherche publique, et de l'été 2003 avec l'incarcération de José Bové. En juin 1999, sont détruits des plants de riz transgéniques dans une serre du Cirad à Montpellier et dans un essai du Centre technique interprofessionnel

des oléagineux métropolitains (Cetiom) et de l'Inra à Gaudiès (Ariège), évaluant les flux de gènes entre le colza et des espèces cousines. La recherche publique, fût-elle sur les risques des OGM, est ainsi rudement interpellée (Bonneuil et Thomas, à paraître). Les dirigeants de la Confédération paysanne signifient ainsi que, désormais, la question des risques n'est plus la bonne entrée pour débattre des OGM et mettent en avant des questions plus socioéconomiques : brevet sur le vivant, dépendance des paysans par rapport aux oligopoles agrochimiques, mondialisation de l'alimentation, etc. Avec ce déplacement du débat, d'un cadrage « risques » vers un cadrage « malbouffe » altermondialiste, ce n'est plus le scientifique spécialiste des risques, comme dans la phase 1995-1998, mais la figure du paysan, expert du bien-manger et d'un monde plus solidaire, qui tient le premier rôle (Heller, 2002). De plus, la contestation remonte d'une critique des OGM comme objets techniques à la dénonciation des choix de la recherche publique (Bonneuil *et al.*, à paraître).

Les événements de juin 1999 provoquent une réaction (b) signée par 337 chercheurs défendant le principe d'essais de la recherche publique sur les risques des OGM afin d'éclairer le débat. L'incarcération musclée de J. Bové, fin juin 2003, conduit 806 acteurs de la recherche et de l'enseignement supérieur à demander sa grâce, voyant dans les fauchages une « alerte » (f2), voire « la mise en application du principe de précaution » (f1), et à estimer que « la "Société Civile" doit être partie prenante des décisions concernant les objectifs et l'utilisation des résultats de la recherche » (f1). L'ampleur des fauchages de l'été 2003 conduit enfin près de 2 200 chercheurs à défendre les biotechnologies végétales, « domaine capital pour [l]a compétitivité scientifique et économique » (g). Ces trois pétitions (b, f, g), centrées sur la légitimité des essais et de leur destruction, totalisent plus de 3 300 signataires, soit 16 fois plus que les appels qui prennent plus directement position sur les enjeux des

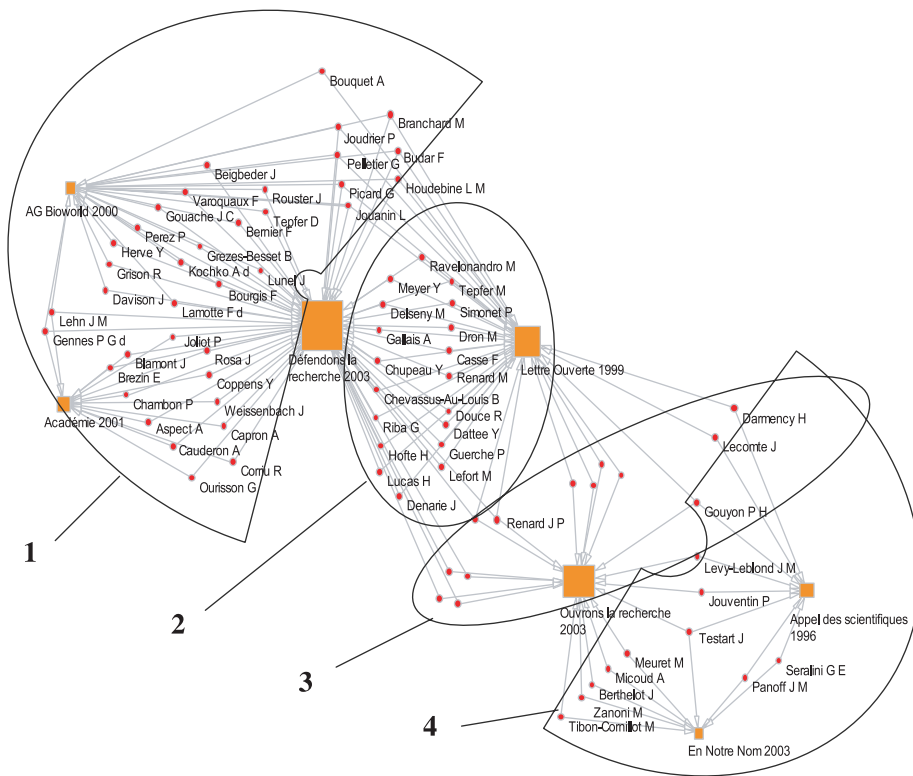


Fig. 1. L'espace des pétitions. Visualisation grâce au logiciel Réseau-Lu de la répartition de 3 217 signataires entre les 7 pétitions. Rq. 1 : sont représentées les personnes ayant signé plus d'une pétition (à l'exception du groupe 2 où seules 19 personnalités sur 112 sont représentées par souci de lisibilité). Rq. 2 : les points sans nom correspondent à des signataires de « Ouvrons la recherche » dont le nom n'avait pas été rendu public (seul les noms des directeurs de recherche l'avaient été) et dont l'anonymat est préservé, en accord avec les initiateurs de l'appel.

OGM (a, c, d, e). Si les appels de chercheurs précédaient et créaient le débat public en 1974-1975, l'engagement public des chercheurs sur les enjeux du génie génétique apparaît, depuis les années 1990, plus réactif que proactif, plus polarisé de l'extérieur du milieu scientifique que produit d'une culture de débat et de concernement de celui-ci.

L'espace des pétitions

Au-delà de cette première observation, comment se structure l'espace des prises de position ? Pour étudier cette question, nous avons constitué une base de données rassemblant les 7 pétitions et leurs 3217 signataires⁸. L'analyse purement qualitative de ce genre de données apporte des informations fragmentaires, tandis que le traitement statistique de données agrégées, lui, tend généralement vers la production de quelques indicateurs ne rendant pas justice au contenu informationnel. Le logiciel Réseau-Lu a été développé pour résoudre ce dilemme en proposant une représentation visuelle des données relationnelles pour en extraire le contenu configurationnel (Cambrosio *et al.*, 2004). La figure 1 donne à voir un réseau signataires-pétitions structuré par le seul jeu des signatures multiples. De haut en bas et de gauche à droite, on passe graduellement des positions les plus favorables aux

cultures transgéniques aux positions les plus critiques. En suivant ce gradient, quatre groupes se dégagent : (1) une défense des cultures transgéniques comme « progrès » pour répondre aux défis du XXI^e siècle ; (2) un rejet des fauchages et une défense des biotechnologies, mais sans prise de parti pour les cultures transgéniques ; (3) un refus des fauchages, mais assorti d'une demande de grâce pour les faucheurs et d'un débat avec la société sur les orientations de la recherche ; et enfin (4) une critique des impacts sociaux et environnementaux négatifs des cultures transgéniques.

Plusieurs profils d'engagement se dégagent. Alors que l'on retrouve des chercheurs exerçant des responsabilités institutionnelles (à l'Inra, à la Commission du génie biologique [CGB]...) plutôt dans le groupe 2, compromis entre devoir de réserve et expression d'un rejet des fauchages, on observe que les personnes à plus forte notoriété publique et plus extérieures à la biologie végétale signent, elles, les pétitions aux postures les plus tranchées (groupes 1 et 4). Dans le groupe 1, on trouve les prix Nobel Pierre-Gilles de Gennes et Jean-Marie Lehn (qui ne signent pas moins de trois pétitions), Georges Charpak, Édouard Brézin, Philippe Kourilsky ou Yves Coppens. En mettant leur notoriété scientifique – acquise en des domaines éloignés de la biologie végétale et de l'agronomie – dans la balance, ces personnalités manifestent une posture de défense de la raison et du progrès contre les obscurantismes qui menacent la compétitivité du pays. Face à eux, dans le groupe 4, on trouve symétriquement

⁸ Je remercie A-M. Chèvre, M. Meuret et P.-L. Osty de m'avoir aimablement communiqué la liste des signataires des appels b et g dans le respect de certaines règles de confidentialité.

un autre type de figure d'engagement générique de chercheurs, eux aussi extérieurs à la biologie végétale, ayant acquis une notoriété dans la critique des technosciences et la promotion d'une responsabilité sociale du chercheur, tels Jacques Testart, Jean-Marc Lévy-Leblond ou Albert Jacquart (signataire de la pétition e).

Cultures épistémiques et engagement des chercheurs

Hormis ces personnalités « généralistes » ainsi que des chercheurs venant des sciences économiques et sociales (essentiellement dans les appels e et f) et les personnels techniques et administratifs de la recherche (appels f et g), la grande majorité des signataires des pétitions sont des chercheurs des sciences biologiques liées au végétal. Existe-t-il des liens entre l'engagement public de ces biologistes et leur position dans le champ des sciences biologiques ? Différentes cultures épistémiques (Knorr-Cetina, 1999) sont-elles associées à des cadrages différents des risques et des enjeux des OGM et à des façons différentes d'en parler en public ? La question fait débat, puisque certains ont affirmé l'unicité du point de vue « du biologiste » (Jollivet et Monoulou, 2005), alors que d'autres ont souligné des divergences relatives à l'appréhension des risques des OGM entre biologistes moléculaires et biologistes des populations (Krimsky, 1996 ; Roy, 2001). Tentons de répondre empiriquement à cette question par l'analyse des listes de signataires des pétitions.

L'analyse des signataires de l'appel du GIB en 1975 révèle un net « effet discipline ». Les sciences naturelles, la physiologie, l'écologie et l'évolution ne sont presque pas représentées parmi les signataires, comme si les chercheurs de ces domaines n'avaient pas eu le temps de s'emparer d'une alerte née en 1974 au sein de la biologie moléculaire. La géographie de l'appel se concentre de fait autour des centres de la biologie cellulaire et moléculaire et de la microbiologie de l'Institut Pasteur, de Jussieu, de Gif, etc. C'est au sein de ces institutions et de ces domaines de recherche en pleine ascension dans la biologie française que de jeunes éléments syndiqués et politisés animent le travail de critique.

Qu'en est-il depuis les années 1990 ? Faute de pouvoir connaître avec certitude la discipline d'appartenance de plus de 3 000 signataires des sept pétitions, deux stratégies d'échantillonnage ont été retenues. La première consiste à analyser le sous-corpus de 128 directeurs de recherche de l'Inra. Les départements d'appartenance – simples à renseigner et indicateurs des disciplines et/ou des postures scientifiques en compétition dans un organisme de recherche – ont été mis en relation avec les pétitions, catégorisées en deux groupes, l'un plutôt favorable (c, d, g), l'autre plutôt défavorable aux cultures

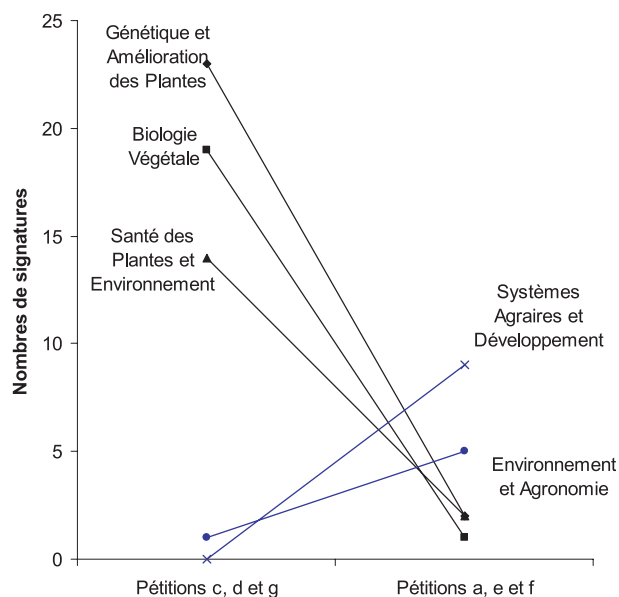


Fig. 2. Répartition des directeurs de recherche de différents départements de l'Inra entre les diverses pétitions.

transgéniques actuelles (a, e, f)⁹. Un simple comptage (Fig. 2) révèle un net clivage entre les départements de « biologie végétale », de « génétique et amélioration des plantes » et de « santé végétale » – départements où dominent la biologie moléculaire, les biotechnologies et la génomique – et les départements dominés par des approches agronomiques (« environnement et agronomie », « systèmes agraires et développement »). Le rapport entre signatures favorables et signatures défavorables aux OGM est en effet de 56 à 4 dans les trois premiers départements mentionnés, pour s'inverser totalement de 1 à 14 dans les deux derniers départements.

L'autre stratégie a consisté à croiser les signataires des six pétitions ainsi bipartitionnées avec un fichier de chercheurs français (86) ayant publié au moins trois articles dans une revue indexée, entre 1990 et 2003, sur la biosécurité des OGM¹⁰. On peut ainsi se faire une idée de la façon dont se positionnent les protagonistes des recherches sur les impacts environnementaux et sanitaires des OGM dans un contexte d'intenses controverses publiques. Un gros tiers de ces chercheurs a fait le pas de signer une des 6 pétitions. Ils se rattachent à l'un – ou deux – des quatre domaines suivants : « entomologie », « biologie des populations », « biologie moléculaire » (incluant biotechnologie, biochimie et microbiologie) et « agronomie ». Réalisée avec Réseau-Lu, la figure 3 met au jour des situations différentes dans chacun des quatre domaines : de nombreux biologistes moléculaires sont engagés dans

⁹ La pétition b, de positionnement médian, étant écartée par commodité. Cette simplification n'est pas excessive, vu la polarisation de l'espace des pétitions révélée en figure 1.

¹⁰ Ce fichier a été constitué pour une autre recherche en cours à partir d'un corpus d'environ 2 000 publications internationales.

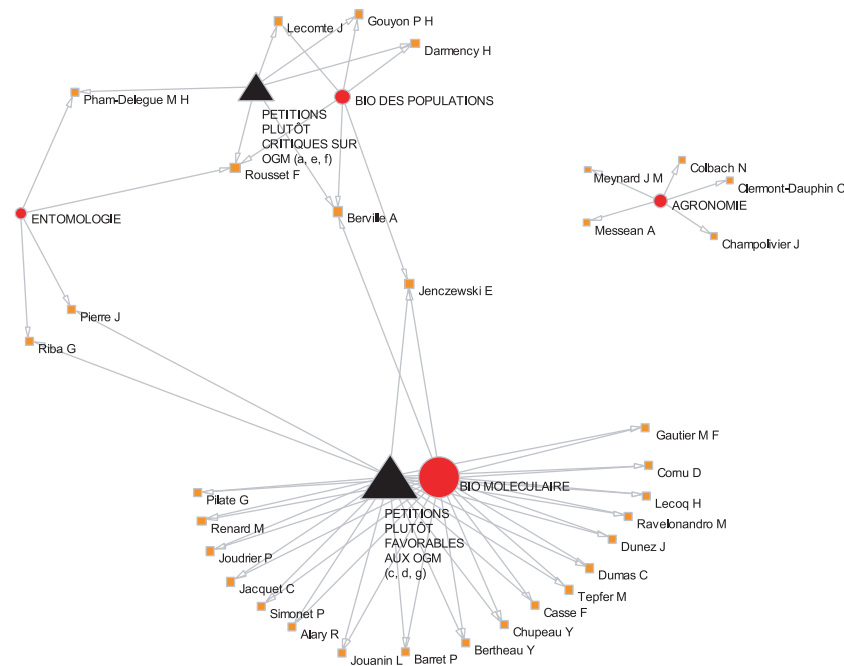


Fig. 3. Répartition, entre les différentes pétitions, des chercheurs ayant publié sur la biosécurité des OGM.

la défense des cultures transgéniques ; la biologie des populations compte des ténors qui ont pris une posture critique ; l'entomologie affiche un nombre égal de chaque type de prise de position ; l'agronomie se caractérise par un « abstentionnisme » de ses acteurs impliqués dans les recherches de biosécurité par rapport aux 6 pétitions.

Trois cultures épistémiques en tension dans la controverse OGM

Ce poids très net du paramètre « culture épistémique » sur le positionnement public des biologistes, et notamment de ceux d'entre eux qui mènent des recherches sur l'évaluation des risques des OGM, appelle une analyse des enjeux épistémologiques de la controverse OGM. Complétant les outils de l'histoire de l'engagement intellectuel par ceux de l'histoire des sciences et de la sociologie des problèmes publics, nous analyserons comment la compétition entre cultures épistémiques pour apprécier les impacts des OGM a débordé l'arène scientifique et l'arène de l'expertise pour mobiliser dans d'autres arènes publiques (média, arènes médiatique, activiste et politique, notamment) et comment les cadres cognitifs du problème OGM ont évolué dans cette dynamique¹¹.

Au sein des sciences du végétal, trois principales cultures épistémiques sont en compétition pour

¹¹ La section qui suit s'appuie sur des entretiens et de la documentation auprès de plus d'une quarantaine de scientifiques dont Y. Chupeau, A. Deshayes, A.-M. Chèvre, J.-M. Meynard, P.-H. Gouyon, H. Darmency, A. Messéan, P. Thuriaux, P. Gay, G. Paillotin, Y. Dattée, etc.

la définition des avantages et des risques agri-environnementaux de la transgénèse végétale : la biologie moléculaire, la biologie des populations et l'agronomie systémique¹². Ces cultures épistémiques diffèrent par des types de construction des objets de recherche, des dispositifs empiriques, des façons de produire et d'interpréter des saillances et des régularités pour donner une intelligibilité à un monde touffu, ainsi que par des hypothèses implicites sur les problèmes considérés comme pertinents et sur la plausibilité de certains phénomènes (Knorr-Cetina, 1999). Le tableau résume les principaux contrastes entre ces trois cultures épistémiques dans les années 1990 et les constructions contrastées des risques des OGM qui en découlent¹³.

Les biologistes moléculaires, héritiers du « dogme central » exposé par Crick en 1958 ont longtemps conçu l'ADN comme un programme (Kay, 2000). Pour Axel Kahn, alors président de la CGB, la transgénèse consiste ainsi à « asservir n'importe quel être vivant à l'exécution d'une partie du programme génétique d'un autre être vivant » (Kahn, 1996, p. 16). La CGB développa alors une vision additive en estimant le risque d'un OGM à partir de la plante receveuse et du fragment d'ADN introduit et en liant la sécurité à l'absence dans celui-ci de séquence

¹² Nous laissons de côté ici les sciences économiques et sociales (qui méritent une étude spécifique), l'entomologie, les recherches de sécurité alimentaire (encore embryonnaires en France sur les OGM) et, au sein des sciences du végétal, la culture épistémique « naturaliste » et celle des généticiens-sélectionneurs.

¹³ Il y a bien sûr des exemples de personnes ayant pris des positions se démarquant de ces idéaux types.

Tableau. Trois cultures épistémiques face aux impacts agri-environnementaux des plantes transgéniques.

	Biologie moléculaire (autour de 1990, avant la génomique fonctionnelle)	Biologie des populations	Agronomie (approche systèmes de culture)
Figures de proue dans le débat OGM	Axel Kahn, Yves Chupeau, Francine Casse, Mark Tepfer...	Pierre-Henri Gouyon, Henri Darmency...	Jean-Marc Meynard, Antoine Messéan...
Objet d'étude	Gènes (comme programmes, molécules informationnelles) : action et régulation	Interactions dynamiques entre organismes dans des écosystèmes Les gènes : en flux dans des métapopulations, entre compartiments sauvage et cultivé	Intervention des processus biologiques, pédoclimatiques et des « pratiques culturales » dans l'élaboration des caractères d'un couvert végétal cultivé (rendement, mais aussi qualité, impacts sur l'érosion, la qualité des eaux, etc.)
Hypothèses-clés	Héritage du dogme central « un gène-une enzyme » (Crick, 1958) Le comportement d'un organisme se déduit essentiellement de son programme génétique et s'analyse au niveau moléculaire	Le comportement des organismes est le produit évolutif d'interactions avec l'environnement	Le rendement (ou tout autre caractère agri-environnemental) résulte d'une interaction entre : - les caractères génétiques ; - les conditions de milieu ; - les opérations culturales
Échelle spatiale	Intracellulaire, espace expérimental du labo	Écosystème, métapopulation, paysage	Parcelle, exploitation, bassin de production
Échelle temporelle	Restreinte : le temps du laboratoire	Le temps des simulations (plusieurs décennies), voire de l'évolution	Le temps de l'exploitation (rotations) et des simulations (plusieurs décennies dans GeneSys)
Mode de connaissance	Instrumentation, manipulation	Terrain, statistiques, modélisation	Expérimentation au champ, modélisation
Outils et techniques	Ultracentrifugation, PCR, <i>Western/Southern blot</i> , transgénèse	Mathématique, statistiques, modélisation	Expérimentation pluriannuelle, statistiques, enquête, modélisation
OGM : de nouveaux risques?	NON : familiarité – « <i>phenotypes are determined by the expression of genes in the organisms, not by the method by which they have been introduced</i> » (Miller <i>et al.</i> , 1993) Les OGM : plus prédictibles et plus sûrs	OUI ? Nouvelles incertitudes liées à la dissémination des transgènes et à leurs impacts sur les écosystèmes	OUI ? Impacts indirects et cumulatifs sur les pratiques agricoles ?
Où est le problème ?	Dans la construction (ex. : séquence codant pour des protéines « indésirables » ; recombinaison virale, etc.)	- Effets écologiques de la dispersion d'un nouveau trait génétique ? - Impacts sur la biodiversité ?	- Durabilité des innovations ? - Changement induits des pratiques ? - Coexistence OGM/non-OGM et maintien d'une pluralité d'agricultures ?
La solution	- Propreté et stabilité de la construction génétique ; - maîtrise du site d'insertion et de l'expression ; - confinement biologique (<i>gene use restriction technology</i>)	Nécessaire biovigilance à grande échelle Pouvoir prévoir et gérer (pas toujours supprimer)... ... les effets sur la biodiversité... ... et sur les pratiques agricoles	
Enjeux cognitifs et projets intellectuels sous-jacents à l'implication dans les recherches sur les risques	- Perfectionnement des techniques de transgénèse ; - étude des mécanismes fondamentaux de l'expression et de la régulation des gènes (<i>silencing</i> , etc.) et de l'organisation du génome (transpositions, fluidité, etc.)	Approfondir les théories de biologie évolutive (métapopulations, etc.) et viser une écologie prédictive	- Modéliser les interactions : génome x environnement x pratiques culturales ; - évaluation <i>ex ante</i> de caractéristiques variétales, en amont des programmes de sélection ; - outils systémiques d'aide à la décision pour une agriculture durable et une gouvernance de l'agriculture à l'échelle de territoires

codant pour une protéine potentiellement pathogène. Cependant, « il n'y a pas a priori de risque supplémentaire à craindre [...] le génie génétique se situe dans un continuum de risques par rapport aux pratiques anciennes » (Deshayes, 1990, p. 55). Ce cadrage plaide pour une régulation des OGM sur la base de leurs propriétés plutôt que de leur mode d'obtention, position réaffirmée dans la pétition c, dont la quasi-totalité des signataires français sont des biologistes moléculaires. La « propreté » de la construction génétique est vue comme la clé de la sécurité (Casse-Delbart et Tepfer, 1990 ; Roy, 2001).

Les gènes sont aussi les objets de la génétique des populations, en ce qu'ils sont en flux dans des métapopulations, voire des complexes d'espèces, sur de vastes espaces-temps : « On entend dire qu'à partir du moment où l'on ne change qu'un seul gène, connu, il est très facile de prévoir les modifications induites. C'est complètement faux : changer un gène peut modifier beaucoup d'éléments dans l'écologie d'une population » (Gouyon, 2001, p. 29). Face à des biologistes moléculaires longtemps réticents à admettre la possibilité de flux de gènes des OGM vers des adventices voisines, l'équipe de Pierre-Henri Gouyon montre, au début des années 1990, que même un événement de probabilité 10^{-6} devient certain à l'échelle des peuplements cultivés. L'enjeu est alors de prédire les paramètres qui conditionnent l'augmentation de la fréquence du transgène dans les populations sauvages (Arnoult *et al.*, 1993). Ces travaux et ceux d'Anne-Marie Chèvre, notamment, conduisent à un début de prise en compte au sein de la CGB et de l'Inra des impacts de cultures possédant un transgène de tolérance à un herbicide. Mais, dès 1995, la CGB rend des avis favorables à des dossiers de mise sur le marché de tels colzas transgéniques. Les biologistes des populations estiment que leur message ne passe pas au sein d'une CGB dominée par des biologistes moléculaires et que les crédits de recherche sur les risques stagnent, alors que les dossiers de commercialisation touchent au but. Aussi certains d'entre eux (Gouyon, Darmency, Jouventin...) font-ils le pas de signer l'« Appel des scientifiques ». Bien qu'en désaccord avec l'essentialisation de la barrière d'espèce mise en avant par les initiateurs de l'appel, ces biologistes des populations se retrouvent dans le texte en ce qu'il critique « le réductionnisme de certains principes fondateurs du génie génétique », déplore que « l'enseignement et la recherche en sciences sont déséquilibrés au point d'évincer ou de démanteler des disciplines et des approches globales » et demande qu'un moratoire de cinq ans sur la commercialisation d'OGM soit « mis à profit pour entreprendre une étude approfondie des risques et solliciter l'avis de l'ensemble de la communauté scientifique ». À l'inverse, ce texte suscite peu de signataires et beaucoup de réticence chez les chercheurs en biologie moléculaire. L'un d'eux, par ailleurs critique sur les PGM tolérantes à un herbicide, réagit ainsi : « Le génie génétique est [...]

réductionniste, c'est vrai, mais [...] le réductionnisme paye ! Il est d'ailleurs renforcé par la découverte qu'un grand nombre de fonctions essentielles sont régies par l'activité de gènes singuliers¹⁴. »

Contrairement aux appels des années 1970, cet « appel des scientifiques », qui intervient peu après le déclenchement de la crise de la « vache folle » et accompagne la montée en puissance de la controverse publique sur les OGM, met donc en scène très clairement, dans l'espace public, un conflit entre différentes conceptions du vivant en biologie. P.-H. Gouyon revient maintes fois en public sur l'existence d'un « clivage entre molécularistes et intégrateurs : les premiers exigent des OGM une simple déclaration de bon fonctionnement, telle une homologation par le service des mines pour une automobile ; les seconds travaillent à une nécessaire régulation globale et systémique de ces innovations, comme un code de la route¹⁵. » Cette critique d'un réductionnisme génétique, « qui tente de communiquer au public et aux autorités cette vision schématique : "un gène correspond à une protéine et à une fonction" à l'image d'une lampe qui s'allume ou ne s'allume pas sur un tableau de bord », est également popularisée par un biologiste moléculaire atypique par ses travaux sur la perturbation endocrinienne (Séralini, 2000, p. 79-80).

L'engagement public de ces chercheurs offre alors un nouveau cadre de lecture du débat OGM comme problème de domination d'une culture épistémique sur une autre. Ce cadrage sera repris par des acteurs associatifs, fera carrière dans les arènes publiques, pour saisir enfin les décideurs publics. Le panel de la conférence de citoyens de juin 1998 estime ainsi « indispensable de développer la recherche liée au risque écologique avant de développer la diffusion des OGM ». Le rapport parlementaire Le Déaut recommande de renforcer la recherche sur « les risques environnementaux » des OGM (Le Déaut, 1998). Peu après, la CGB renouvelée par le gouvernement accorde une plus large place aux compétences autres que celles de la biologie moléculaire (écologie, entomologie...). L'Inra lance en 1998 une AIP¹⁶ sur les impacts des OGM. Un an plus tard, le ministre de la Recherche Claude Allègre consent à lancer un appel à projets sur les impacts des OGM, qu'il avait jugé inopportun un an plus tôt (Le Déaut, *op. cit.*). Opposé au moratoire, qui sera adopté au Conseil européen des 24 et 25 juin 1999, le ministère de la Recherche propose au Premier ministre de « refuser un moratoire sur les OGM [...] en annonçant en contrepartie un renforcement rapide de la prévention et de la biovigilance. Pour cela, nous lancerons un appel

¹⁴ Y. Chupeau à P. Legrand, 18 mars 1996. Archives de la mission Environnement et Société.

¹⁵ Intervention à une table ronde à l'Assemblée nationale le 27 novembre 2000.

¹⁶ AIP : action incitative programmée, c'est-à-dire un appel à projet de recherche en interne dans l'organisme.

d'offres pour un programme de recherche¹⁷. Un million et demi d'euros sont alors dégagés, soit bien plus que le montant cumulé des crédits de recherche alloués aux impacts des OGM depuis 1986. Peu après, P.-H. Gouyon, devenu directeur adjoint des sciences de la vie au CNRS, initie un nouvel appel sur l'impact des OGM « dans les agro-écosystèmes ».

Financements accrus et cadrages moins « moléculaires » des recherches sur les risques, pluralisation de l'expertise, nouvelle directive européenne sur les OGM (2001-18) mettant l'accent sur l'évaluation des effets indirects, cumulatifs, à long terme, contestations sociétales et moratoire européen qui pénalisent le financement des recherches en biologie moléculaire végétale : tels sont les différents nœuds où s'articulent – et se déterminent mutuellement – la grande bataille des OGM (la marche vers le moratoire européen de juin 1999) et une bataille dans la bataille, à savoir la lutte entre deux cultures épistémiques, l'une devenue hégémonique dans la biologie végétale française et l'autre tentant de se dégager des espaces.

Comment se positionnent les agronomes ? Considérons plus précisément les chercheurs formés à l'approche système initiée en France il y a trois ou quatre décennies, notamment autour de Michel Sebillotte à l'Institut national agronomique. Pour aborder les OGM, Jean-Marc Meynard (actuel chef de département à l'Inra) et Michel Sebillotte partent des logiques de l'agriculteur, pour qui « l'innovation n'est pas un but en soi » et « impose un changement de l'itinéraire technique », concept-clé de cette culture épistémique (Meynard et Sebillotte, 1989). Peu après, Meynard affirme que « la biologie moléculaire et les transgénoses ne permettront pas de résoudre tous les problèmes : on ne pilote pas en effet des systèmes aussi compliqués que les systèmes agricoles en changeant quelques gènes » (Meynard et Girardin, 1991, p. 18).

Dans cette culture épistémique, l'évaluation des OGM passe par l'évaluation *ex ante* des effets de l'adoption des OGM sur les systèmes de culture. Dans le cas des OGM tolérants à un herbicide, il s'agit par exemple d'estimer comment évolueraient les pratiques si survenaient des difficultés à gérer les mauvaises herbes ou les repousses devenues résistantes. Il s'agit aussi d'étudier à l'échelle d'un bassin de production la possibilité d'une coexistence des OGM avec des cultures non OGM (cf. les modèles GeneSys et MaPod – Bock *et al.*, 2002). La coexistence des cultures ne repose pas ici sur un confinement des transgènes (les « *Genetic Use Restriction Technologies* » chères aux biologistes moléculaires), mais sur la prise en compte d'éléments de biologie de la plante, du parcellaire et des pratiques des agriculteurs. Agronomes et biologistes des populations partagent donc un rejet

commun du réductionnisme moléculaire et des pratiques cousines de modélisation numérique comme mode privilégié de connaissance (Gouyon *et al.*, 2001). Ce serait même faute d'un développement suffisant de la modélisation qu'une « faible capacité de prévision écologique contribue à la discordance qui est apparue entre l'opinion publique et les communautés scientifiques et techniques investies dans les biotechnologies végétales, et à une méfiance croissante vis-à-vis de l'innovation en production végétale¹⁸ ».

À la différence des biologistes moléculaires et des biologistes des populations, il est frappant d'observer qu'hormis Pierre-Louis Osty, un des initiateurs de l'appel f2 (Meuret, 2004), aucun ténor de cette école de recherche de l'agronomie systémique, ni aucun agronome impliqué dans la recherche ou l'expertise des impacts des OGM, ne signe de pétition (sauf parfois la b, de position médiane dans l'espace des pétitions). Peu enroulé dans les pétitions, peut-être parce qu'ils appartiennent à un Inra encore relativement hiérarchique et à un monde agricole dont ils accompagnent « de l'intérieur » les lentes évolutions vers la durabilité, ces derniers acquièrent par contre un rôle-clé dans d'autres arènes où se joue le devenir des OGM, notamment les arènes professionnelle (agricole), de l'expertise, réglementaire. Les agronomes – après des années 1980 marquées par le règne de la biologie moléculaire – sortent de la marginalité au sein de l'Inra, à la faveur d'un tournant environnemental amorcé dans les années 1990, et certains accèdent à des postes de direction. Ces agronomes jouent un rôle important dans le cadrage de l'AIP OGM de l'Inra. Un proche de Jean-Marc Meynard, Antoine Messéan, membre de la CGB, directeur scientifique du Cetiom, lance dès 1995 un ambitieux programme de recherche interinstituts sur les impacts des OGM qui fait beaucoup évoluer les perceptions dans l'arène de l'expertise et finance la mise au point du modèle GeneSys. Messéan est l'un des artisans du moratoire français de 1998 sur la culture commerciale de colzas et de betteraves transgéniques et devient vice-président de la CGB en 2002.

En résonance avec les affaires de contamination de semences dont les médias se font l'écho, ce sont également les agronomes qui mettent en avant la question de la « coexistence » entre cultures OGM et non OGM. La situation d'alliance implicite entre organisations anti-OGM et biologistes des populations signataires de l'appel de 1996, autour d'un cadrage du débat centré sur les risques d'échappement des transgènes vers les adventices, cède la place à une autre configuration du débat OGM après juin 1999. L'alliance est ébranlée par les destructions d'essais, et le cadrage « risque d'échappement » cède la place à de nouveaux cadrages de ce qui fait problème avec

¹⁷ A. Hénaut et F. Javoy, conseillers techniques, Note au ministre de la Recherche, 17 juin 1999.

¹⁸ Document de travail en vue d'un réseau d'excellence sur les « Impacts écologiques des innovations en production végétale », 26 mars 2002, aimablement communiqué par A. Messéan.

les OGM, notamment un cadrage « altermondialiste » et un cadrage « coexistence ». Ce dernier cadrage, qui conquiert les arènes de la régulation, de l'expertise, des associations, des médias et de la profession, déplace également dans l'arène scientifique la priorité accordée aux flux de gènes interspécifiques – initialement privilégiés par les biologistes des populations – vers les flux intraspécifiques. Le type d'approche et d'expertise des agronomes systémiciens et modélisateurs, très en phase avec cette nouvelle configuration du débat, en sort nettement renforcé : usage des modèles GeneSys et MaPod dans des rapports officiels européens sur la coexistence, codirection d'un des rares projets européens actuels sur les impacts des OGM, etc. (Bock *et al.*, 2002 ; Messéan *et al.*, 2006). Un nouveau type de savoir, en appui à de nouvelles formes de gouvernance de l'agriculture, s'affirme ainsi progressivement, tant par rapport aux biologistes moléculaires qu'aux biologistes des populations.

Conclusion

L'engagement public de chercheurs sur les OGM présente, entre les années 1970 et les dernières années, des traits et des évolutions fort comparables à ce qui a été observé sur d'autres questions, comme le nucléaire, la guerre, la santé publique ou l'environnement. À la différence des années 1970, où les scientifiques engagés étaient moteurs, la mise en politique des enjeux des sciences et techniques met cette fois en scène de nouveaux acteurs moteurs issus de la société civile – associations, collectifs de victimes, etc. – et de nouvelles arènes – judiciaire et médiatique. C'est ainsi une initiative d'ONG (le *Third World Network*, TWN et Ecoropa) qui, en 1996, suscite des prises de positions publiques de chercheurs, alors que l'alerte et l'internationalisation du problème étaient le fait des scientifiques eux-mêmes en 1974-1975. Mieux, toutes les pétitions après 1996 soit ont été initiées par des acteurs extérieurs à la recherche publique (TWN, Confédération paysanne, Biogemma...), soit constituent des réactions à chaud à un événement lié aux actions de fauchage. Si l'appel du GIB surgissait des laboratoires, les appels récents sont donc nés de l'extérieur d'un milieu scientifique tardivement mobilisé, au sein des forces socioéconomiques massives à l'œuvre dans la bataille des OGM, qui ont révélé (et ont été renforcées par) des fractures entre différentes cultures épistémiques. Les liens forts que nous avons mis au jour entre appartenance à ces cultures épistémiques et prises de position publiques suggèrent que, pour comprendre pleinement la controverse OGM et son évolution, au-delà de l'analyse des perceptions et mobilisations des diverses parties prenantes et du public, il est indispensable de porter le regard sur les transformations de la biologie végétale depuis quelques décennies et les tensions épistémiques qui traversent ce champ.

Références

- Arnould, J., Gouyon, P.-H., Lavigne, C., 1993. OGM : une théorie pour les risques, *Biofutur*, 124, 45-50.
- Berg, P., Baltimore, D., Boyer, H.W., David, R.W., Hogness, D.S., Nathans, D., Roblin, R., Watson, J.D., Weissman, S., Zinder, N.D., 1974. Potential biohazards of recombinant DNA molecules, *Science*, 185, 148, 303.
- Bock, A.-K., Lheureux, K., Libeau-Dulos, M., Nilsagard, H., Rodriguez-Cerezo, E., 2002. *Scenarios for Coexistence of Genetically Modified, Conventional and Organic Crops in European Agriculture*. DG-JRCIPTS-ESTO Technical Report EUR 20394 EN.
- Bonneuil, C., Thomas, F., à paraître. *Du maïs hybride aux OGM : histoire de la génétique et de l'amélioration des plantes à l'Inra*, Paris, INRA Éditions.
- Bonneuil, C., Joly, P.-B., Marris, C., à paraître, Democratizing experiment? The construction of GM-crop field trials as a social problem in France, *Science, Technology and Human Values*.
- Cambrosio, A., Keating, P., Mogoutov, A., 2004. Mapping collaborative work and innovation in biomedicine: A computer-assisted analysis of antibody reagent workshops, *Social Studies of Science*, 34, 3, 325-364.
- Casse-Delbart, F., Tepfer, M., 1990. Essais en champs : savoir ce que l'on transfère, *Biofutur*, 91, 56-59.
- Cefai, D., 1996. La construction des problèmes publics. Définitions de situations dans des arènes publiques, *Réseaux*, 75, 43-66.
- Chargaff, E., 1976. On the dangers of genetic meddling, *Science*, 192, 4243, 938-939.
- Crick, F.H.C., 1958, On protein synthesis, in *The Biological Replication of Macromolecules: 12th Annual Symposium of the Society of Experimental Biology*, London, Cambridge University Press, 139-163.
- Deshayes, A., 1990. *Évaluation des conséquences des choix scientifiques et technologiques dans le domaine des applications des biotechnologies à l'agriculture et à l'industrie agro-alimentaire*, Paris, OPECST, Assemblée nationale.
- Gottweis, H., 1998. *Governing Molecules: The Discursive Politics of Genetic Engineering in Europe and the United States*, Cambridge (MA), The MIT Press.
- Gouyon, P.-H., 2001, *Les Harmonies de la nature à l'épreuve de la biologie : évolution et biodiversité*, Paris, INRA Éditions.
- Gouyon, P.-H., Meynard, J.-M., Klein, E., Angevin, F., Lavigne, C., 2001. Modéliser l'impact des OGM : pourquoi et comment ?, *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 87, 5, 21-30.
- Heller, C., 2002. From scientific risk to paysan savoir-faire: Peasant expertise in the French and global debate over GM crops, *Science as Culture*, 11, 5-37.
- Jollivet, M., Monoulou, J.-C., 2005, Le débat sur les OGM : apports et limites de l'approche biologique, *Natures Sciences Sociétés*, 13, 1, 45-53.
- Joly, P.-B., Assouline, G., Kréziak, D., Lemarié, J., Marris, C., Roy, A., 2000. *L'Innovation controversée : le débat public sur les OGM en France*. Rapport Inra, Grenoble (<http://www.inra.fr/sed/science-gouvernance/pub/DGAL.pdf>).
- Kahn, A., 1996. *Société et révolution biologique : pour une éthique de la responsabilité*, Paris, INRA Éditions.
- Kay, L.E., 2000. *Who Wrote the Book of Life: A History of the Genetic Code*, Stanford, Stanford University Press.

- Knorr-Cetina, K., 1999. *Epistemic Cultures: How the Science Makes Knowledge*, Cambridge (UK), Harvard University Press.
- Krimsky, S., 1996. Risk assessment of genetically engineered microorganisms: From genetic reductionism to ecological modelling, in Van Dommelen, A. (Ed.), *Coping with Deliberate Release: The Limits of Risk Assessment*, Tilberg, ICHPA, 33-45.
- Kuhn, T., 1983 [1^{re} éd. angl. 1962]. *La Structure des révolutions scientifiques*, Paris, Flammarion.
- Latour, B., 1999. *Politiques de la nature*, Paris, La Découverte.
- Le Déault, J.-Y., 1998. *De la connaissance des gènes à leur utilisation. Partie I : L'utilisation des organismes génétiquement modifiés dans l'agriculture et dans l'alimentation*. Rapport Sénat n° 545 (1997-1998), Paris, OPECST.
- Messéan, A., Angevin, F., Gómez-Barbero, M., Menrad, K., Rodríguez-Cerezo, E., 2006. *New Case Studies on the Coexistence of GM and non-GM Crops in European Agriculture*. DG-JRCIPTS-ESTO Technical Report EUR 22102 EN.
- Meuret, M., 2004. ouvronslarecherche@plosty.fr, in *Agrotribulations : l'amitié Pierre-Louis Osty*, [Versailles], Inra-SAD, 187-199.
- Meynard, J.-M., Girardin, P., 1991. Produire autrement, *Le Courrier de l'environnement de l'INRA*, 15, 1-19.
- Meynard, J.-M., Sebillotte, M., 1989. La conduite des cultures : vers une ingénierie agronomique, *Économie rurale*, 192-193, 35-41.
- Miller, H., Huttner, S.-L., Beachy, R., 1993. Risk assessment experiments for "genetically modified" plants, *BioTechnology*, 11, 11, 1323-1324.
- Roy, A., 2001. *Les Experts face au risque : le cas des plantes transgéniques*, Paris, PUF.
- Séralini, G.-É., 2000. *OGM, le vrai débat*, Paris, Flammarion.
- Wright, S., 1994. *Molecular Politics: Developing American and British Regulatory Policy for Genetic Engineering, 1972-1982*, Chicago, University of Chicago Press.

Reçu le 21 octobre 2005. Accepté le 6 avril 2006.