

Lilian CEBALLOS, Bernard EDDE, Cécile LAMBERT

Mainmise de l'économie sur la science :
retour sur les controverses
scientifiques relatives aux OGM

Ed. Inf'OGM, avril 2004

SOMMAIRE

I- La pollution génétique du maïs mexicain	3
I-1- La controverse dans la presse scientifique	4
I-2- La reconnaissance officielle de la contamination	7
II- Effets létaux du maïs sur le papillon monarque	9
III- L'affaire Pusztai : effets délétères d'une alimentation à base de pommes de terre transgéniques sur les rats	12
IV- Les points principaux des controverses sur les OGM	15
IV-1- CaMV35S, un promoteur délinquant	15
IV-2- Les infortunes de la biodiversité	18
IV-3- Un argumentaire scientifique mal fondé	20
IV-4- Science / Industrie : des liaisons dangereuses	23
V- Conclusion	25
VI- Bibliographie	29

NB - Dans le texte, les paragraphes entre guillemets et en italique sont des traductions littérales des articles originaux.

POUR CONTACTER LES AUTEURS :

Lilian Ceballos - lilian.ceballos@lenoctambule.org

Bernard Eddé - edde@crbm.cnrs-mop.fr

Cécile Lambert - lambertc@ensam.inra.fr

I- LA POLLUTION GÉNÉTIQUE DU MAÏS MEXICAIN

En novembre 2001, le professeur Ignacio Chapela et un de ses collaborateurs, David Quist, publiaient un article dans *Nature* sur la contamination du maïs par des séquences transgéniques au Mexique. Outre ses activités d'enseignement et de recherche à Berkeley, le Pr. Ignacio Chapela était, aux Etats-Unis, membre d'un comité de l'Académie Nationale des Sciences chargé d'évaluer l'impact environnemental des OGM et, au Mexique, responsable scientifique de projets émanant de 4 communautés rurales. En 1998, alors qu'il effectuait des recherches dans une de ces communautés paysannes préoccupées par l'introduction de maïs transgénique, David Quist découvrit incidemment la contamination de variétés locales de maïs par des séquences transgéniques : durant un atelier de détection d'ADN transgénique, il utilisa, comme contrôle négatif, des échantillons provenant des environs de Oaxaca. Lors d'un test préliminaire effectué la veille de l'atelier, Quist s'aperçut que l'échantillon contrôle ainsi qu'un échantillon de l'agence alimentaire locale, montraient tous deux une contamination (tests positifs). Surpris par ces résultats, Quist revint aux Etats-Unis avec d'autres échantillons (dont un échantillon négatif récolté au Pérou en 1971), les tests furent reconduits et confirmèrent la contamination de plusieurs lots de maïs mexicains.

Ces résultats paraissaient d'autant plus graves que le Mexique, berceau de la culture du maïs, est considéré comme le centre de diversification génétique de cette céréale. (Quist 2003 sur www.seedling.org). La publication de l'article par *Nature* provoqua une controverse très virulente entre partisans et détracteurs des OGM et sur Internet, des attaques émanant de "Mary Murphy" et "Andura Smetacek" apparaissent dans la liste du serveur d'un lobby (AgBioWorld). Par la suite, ces pseudonymes ont été identifiés comme des faux-nez de Bivings Group, l'agence de communication de Monsanto (www.gmwatch.org/profile1.asp?PrId=23)

Un an après, à la mi-juillet 2003, le contrat de Chapela avec l'Université de Berkeley arrivait à échéance et ne fut pas renouvelé dans un premier temps, malgré le soutien de l'équipe enseignante et de nombreux universitaires américains. Chapela publia alors une lettre sur Internet dans laquelle il dénonçait son éviction comme une conséquence de la mainmise des sociétés biotechnologiques sur les universités aux Etats-Unis : en effet, l'Université de Berkeley est liée à Syngenta par un accord de recherche auquel Chapela, parmi d'autres enseignants, s'était opposé. Malgré la pression de l'opinion mondiale, le contrat d'Ignacio Chapela n'a pas été reconduit.

I- La controverse dans la presse scientifique.

En juillet 2001, Quist et Chapela soumettent un article à Nature qui reçoit une décision favorable. Devant l'importance politique des résultats, Chapela décide d'avertir le gouvernement mexicain, en précisant que face au scandale prévisible, il désirait ne pas le prendre par surprise (members.tripod.com/~ngin/071202c.htm).

De son côté, le ministère de l'environnement mexicain rend publics les résultats de sa propre enquête qui révèle une contamination transgénique du maïs dans 15 des 22 localités échantillonnées. Le 27 septembre 2001, soit 2 mois avant la publication du papier de Quist & Chapela, paraît dans Nature une brève note de Rex Dalton, rédacteur (1). Il y était annoncé la découverte d'une contamination des variétés locales de maïs par Quist & Chapela, de même que les résultats des recherches du ministère de l'environnement mexicain.

Enfin, l'article de Quist et Chapela est publié par Nature le 29 novembre 2001 : cette date coïncide avec une conférence de l'OCDE dédiée à la question de la banalisation des O.G.M. D'après Chapela, le déroulement de cette conférence qui s'est tenu à Raleigh, North Carolina, en fut bouleversé, (<http://members.tripod.com/~ngim/071202c.htm>). Dès lors, la controverse s'empara des milieux scientifiques où elle s'amplifia durant l'année 2002. L'article publié par Nature paraît sous le titre : « *Introgression d'ADN transgénique dans des variétés traditionnelles de maïs à Oaxaca, Mexico* » (2). Ce papier comporte deux conclusions séparées obtenues par deux approches méthodologiques différentes : 1) par PCR¹, Quist et Chapela détectent des séquences d'ADN transgénique dans les variétés locales de maïs cultivées à Oaxaca ; 2) par PCR inverse², les chercheurs essayent de déterminer les points d'insertion des transgènes dans le génome de la plante. La première affirmation est factuelle, la détection par PCR atteste la présence de séquences d'ADN transgénique ; en pratique, la PCR est la méthode standard de détection des OGM utilisée pour accepter ou rejeter les chargements de grains garantis sans OGM. La deuxième affirmation est plus prudente et les auteurs soulignent son caractère exploratoire. Ils écrivent : « *la diversité de séquences d'ADN transgénique présentes dans les échantillons de variétés locales (criollo) suggère³ l'occurrence de multiples événements d'introgression, **probablement** par pollinisation* ».

En janvier 2002, John Hodgson, rédacteur de la revue Nature Biotechnology, publication du groupe Nature, rend compte des remous provoqués par l'article de Quist et Chapela (3). Il indique que de vives inquiétudes sont apparues sur une éventuelle contamination des banques

1, PCR = Polymerase Chain Reaction

2, PCR inverse = Polymerase Chain Reaction Inverse

3, Les termes en gras sont soulignés par la rédaction

de gènes, qui ont conduit le Centre international pour l'amélioration du blé et du maïs (CIMMYT) à effectuer des analyses sur les semences qu'il conserve dans ses chambres froides. Les résultats préliminaires, négatifs, de cette étude ont été publiés sur son site Internet, pour "rassurer les institutions et centres de recherche qui utilisent des semences provenant de notre banque de gènes". John Hodgson rend également compte des réactions critiques de divers groupes de pression, dont le principal lobby est the Biotechnology Industry Organization (BIO, Washington DC). Ainsi, Val Giddings, vice-président de cette organisation, s'interroge avec un cynisme froid : "devrions-nous être étonnés de découvrir du jeu dans un casino ?". Ou encore Vivian Moses, directeur de CropGen Panel, ironise : "le papier montre, en essence, que les gènes se déplacent dans la nature, et cela est peu nouveau".

Dans le même numéro de Nature Biotechnology, Martinez-Soriano et al. (4) publient une note rassurante : bien qu'ils admettent l'existence d'un flux génique entre les maïs locaux et transgéniques qui aboutit à l'incorporation de séquences transgéniques Bt dans les maïs locaux, ils prédisent une prévalence croissante du gène "utile" dans les populations naturelles sans altérer la diversité. Ils réfutent la notion de contamination : "contamination signifie une diffusion inattendue, indésirable et incontrôlable, ce qui n'est pas le cas. La diffusion sera induite à cause de l'avantage d'un maïs natif résistant aux insectes". De plus, d'après ces auteurs, le danger est faible car le maïs est dépendant d'une intervention humaine, les grains restant attachés à l'épi. Ils ajoutent : "si quelqu'un veut enlever le transgène des plantes, la procédure serait simple : sélectionner et multiplier les maïs sensibles et ne pas récolter et multiplier les maïs résistants. Ce qu'aucun fermier mexicain ne ferait". Quant aux teosintes, les ancêtres et proches apparentées du maïs, "elles ne semblent pas affectées par le flux génique".

Le mois suivant, Hodgson refait le point (5) : bien que le CIMMYT ne trouve toujours pas trace de transgènes dans les variétés locales qu'il a testées, plusieurs laboratoires du gouvernement mexicain confirment les travaux de Quist & Chapela. La contamination semble devenir une réalité admise. Ainsi, Luis Herrera Estrella, directeur d'un centre de biotechnologie végétale au Mexique (CINVESTAV), admet qu'un flux génique se produit entre les différents types de maïs présents au Mexique (5). Il espère que le gouvernement mexicain résistera aux pressions qui visent à arrêter l'importation de maïs américain : en effet, il est probable que la contamination soit due au semis de maïs transgénique, initialement destiné à l'aide alimentaire en provenance des Etats-Unis. Par ailleurs, il souligne l'importance d'un contrôle efficace pour diminuer le flux génique : ainsi, il admet que, bien que les lots de grains de maïs importés soient censés être traités par la chaleur pour empêcher leur germination, 80-90% des graines testées peuvent encore germer.

Dans son numéro du 11 avril 2002, Nature publie deux analyses critiques du travail de Quist et Chapela d'une rare violence et la réponse des auteurs. Les attaques de Metz et Futterer (6) et Kaplinsky et al. (7) portent principalement sur l'interprétation de la deuxième partie des résultats (celle ayant pour but de repérer les sites d'insertion du transgène dans le génome du maïs) qui, comme nous l'avons déjà souligné, était présentée davantage comme des hypothèses que comme des certitudes. Cependant, en particulier dans la communication de Metz et Futterer, les critiques visent à mettre en doute l'ensemble des résultats, y compris la détection des transgènes. Pour satisfaire à la requête des critiques demandant une méthodologie non basée sur la PCR inverse, Quist et Chapela évaluent les mêmes échantillons par hybridation ADN-ADN. Les résultats de cette étude confirment la détection d'ADN transgénique intégré dans le génome des variétés locales à Oaxaca (8). Cependant, dans le même numéro, Nature publie une note éditoriale indiquant que *“les preuves disponibles n'étaient pas suffisantes pour justifier la publication du papier original”*, ce qui apparaît comme une rétractation de la décision de publier l'article.

Devant la virulence des attaques et l'éditorial ambigu de Nature, les réactions ne se font pas attendre. Le 27 juin 2002, Nature a le mérite de publier une tribune (9) dans laquelle Andrew V. Suarez (Département de Sciences de l'Environnement, Berkeley) s'insurge contre la rétractation de l'article par Nature. La lettre de Suarez, signée par de nombreux chercheurs d'universités réputées, s'interroge sur les raisons qu'a Nature de rejeter cet article alors que *“de nombreuses publications, plus tard reconnues incorrectes ou sujettes à d'autres interprétations, n'ont pas subi la même procédure”*. Ces auteurs notent qu' *“en prenant parti de manière si tranchée, Nature risque de perdre son impartialité et son statut professionnel. Cela est particulièrement troublant quand les articles touchent des intérêts économiques ou politiques. Nature demande à ses contributeurs de fournir des informations concernant les conflits d'intérêt, mais est-ce que Nature s'applique les mêmes standards ?”*.

Dans la même tribune, Worthy, Billings (Département de Sciences de l'Environnement, Berkeley) et Strohman (Département de Biologie Moléculaire, Berkeley) mettent en cause l'objectivité des critiques contre Quist et Chapela : *“les huit auteurs des critiques du papier de Quist & Chapela ont toute ou partie de leur recherche financée par le Torrey Mesa Research Institute (TMRI), un rejeton de la compagnie de biotechnologie Novartis (maintenant Syngenta). L'affiliation de sept de ces auteurs avec le TMRI est la conséquence de l'alliance stratégique de 25 millions de dollars avec l'université de Californie”*. Les auteurs de cette lettre rappellent que Quist & Chapela, parmi d'autres enseignants de Berkeley, s'étaient opposés à cet accord. Par ailleurs, ils évoquent l'intégration active des intérêts de Nature Publishing Group avec ceux de compagnies telles que Novartis, Astra Zeneca ou autres, que l'éditeur sollicite pour leur promotion (cf. <http://npg.nature.com>). Ils soulignent que *“la publication des échanges techniques et de la note éditoriale de Nature,*

juste avant la convention PNUE sur la diversité biologique et les discussions du protocole de Carthagène (où la note de Nature fut mentionnée) mine encore plus la position du journal comme non compromis avec des intérêts commerciaux”. Constatant qu’un tel environnement est peu favorable à une considération équitable des travaux scientifiques, ils concluent en invitant “Nature et les autres journaux scientifiques à réexaminer leur engagement dans l’agrobiotechnologie autant que leurs propres conflits d’intérêts, et à encourager une évaluation critique et équilibrée, des effets écologiques et sanitaires des flux de transgènes dans l’environnement”. Suivent les réponses de Metz et Futterer et Kaplinsky et al. qui s’obstinent sans argumenter : “Même si nous étions dans les poches de l’industrie, les résultats de Quist & Chapela resteraient artéfactuels”.

2- La reconnaissance officielle de la contamination

La contamination des variétés locales de maïs au Mexique révélée par Quist & Chapela a provoqué une vive controverse parmi les scientifiques. La chronologie de cette controverse est précisée ci-dessus. A l’évidence, la réalité de la contamination n’est pas en cause, d’autant que des équipes de chercheurs dépendant du gouvernement mexicain confirment ces résultats. D’après leur étude, 95 % des sites échantillonnés étaient contaminés, avec des degrés de contamination variant de 1 à 35 %, en moyenne 10-15% (10).

Récemment, cette contamination a été officiellement reconnue : le 7 septembre 2003, Cardenas, le ministre de l’environnement mexicain, déclarait : “la contamination transgénique des maïs mexicains est réelle mais il n’y a danger ni pour la biodiversité, ni pour la santé humaine”. Pour la première fois après deux ans de dénégations, les firmes biotechnologiques qui assistaient avec le gouvernement et les scientifiques mexicains à la Conférence du 29-30 septembre 2003 à Mexico, reconnaissaient qu’ “il y a eu un flux de transgènes (contamination) dans les variétés de maïs traditionnelles dans au moins 2 Etats”. Toutefois récemment, un représentant du ministre de l’agriculture, le Dr Villalobos décrivait curieusement la contamination transgénique à Oaxaca comme un “laboratoire naturel pour étudier le flux de gènes” (El Financiero, 3 octobre 2003).

Enfin, le 9 octobre 2003, les résultats de tests effectués au Mexique en janvier et juillet 2003 par des ONG (ETC) et diverses communautés autochtones ont été rendus publics (<http://www.etc.org>) : 48,6% des échantillons contenaient des protéines transgéniques, 17% des échantillons en contenaient 3 ou plus, 13% des échantillons en contenaient 2 ou plus, et 18,6% des échantillons en contenaient une. Une deuxième étude réalisée en juillet / août 2003 mettait en évidence la protéine Bt Cry9C du maïs Starlink (Aventis) dans certains échantillons : ce maïs, susceptible de déclencher des allergies, est interdit à la consommation humaine aux Etats-Unis. Comment la protéine Bt Cry9C peut-elle se retrouver dans 26.7% des échantillons mexi-

cains analysés en janvier 2003, alors que le Mexique applique un moratoire et que ce maïs a été officiellement retiré du marché US par Aventis en 2000 ?

Malgré cette reconnaissance publique, la situation du Pr. Chapela ne s'est pas améliorée : dès le 5 juin 2003, une décision préliminaire du Comité Budgétaire conseillait son renvoi, contre l'avis de la majorité des enseignants de Berkeley et l'avis d'un Comité ad-hoc. En réaction, Chapela s'installe dans le campus durant les heures de travail (26-30 juin 2003) et obtient le 26 juin 2003 une extension d'un an de son contrat. Dès l'automne 2003, le Comité d'Evaluation de son département recommande son maintien à l'unanimité, ce qui n'empêche pas le Comité Budgétaire et le Chancelier de décider le renvoi définitif de Chapela à la fin de son contrat, c'est-à-dire à l'été 2004. En général, le Comité Budgétaire et le Chancelier suivent les décisions du conseil du département auquel appartient le candidat, mais pas dans le cas de Chapela.

Le traitement par le Chancelier du cas Chapela provoque de vives réactions à Berkeley où nombre de chercheurs désapprouvent les méthodes utilisées : ainsi, Le Pr Wayne M. Getz, membre du Comité ad-hoc chargé d'évaluer le maintien de Chapela, a rompu la confidentialité en affirmant que le rapport final, très favorable à Chapela (33 pour, 1 contre, 3 absentions sur 37) a été "détourné" par ses opposants (www.gmwatch.org/archive2.asp?arcid=1877). D'après lui, Chapela est une victime politique du conflit d'intérêt qui existe à Berkeley depuis le contrat avec Syngenta et son renvoi, que les administrateurs justifient par un nombre insuffisant de publications, serait dû à son opposition à de puissants chercheurs qui bénéficient du contrat avec Syngenta (www.gmwatch.org/archive2.asp?arcid=2204). Getz qualifie la procédure de renvoi de "honteuse" et souligne le malaise des enseignants de Berkeley en déclarant : "Je suis à Berkeley depuis 24 ans, et mon expérience est que, si le département et le Comité ad-hoc recommandent le maintien, vous l'obtenez de fait". Mais pas dans le cas de Chapela, critique connu de l'alliance entre Berkeley et Syngenta. En fait, nombre de ses collègues allèguent que le renvoi de Chapela remet en question la volonté de l'université de soutenir les chercheurs qui défient de puissants intérêts agro-industriels. De son côté, Chapela va faire appel de la décision de renvoi dans le cadre du processus universitaire normal, mais il pourrait aussi poursuivre l'institution en justice. Malicieusement, il confie : "dans les derniers jours, j'ai reçu de nombreux appels d'avocats".

II- EFFETS LÉTAUX DU MAÏS BT-176 SUR LE PAPILLON MONARQUE

En 1999, Losey et al. publient dans *Nature* un article qui souleva de vives inquiétudes sur l'impact écologique des cultures de maïs Bt (11). Cet article mettait en évidence les effets délétères du pollen de maïs transgénique sur la survie du papillon monarque. Au moment de sa migration printanière vers le nord, ce magnifique papillon traverse l'Amérique par essaims de millions d'individus en direction du Canada, et en sens inverse lors de la migration d'automne. Sa nourriture se compose de plantes de la famille des Asclépiadacées, en particulier de milkweed ou laiteron (*Asclepias curassavica*). Les laitérons⁴ contiennent des glycosides toxiques et les larves du monarque, qui se nourrissent exclusivement de plantes de ce genre, absorbent et concentrent ces substances chimiques qui les protègent en les rendant toxiques pour leurs prédateurs. Sur le continent américain où son aire de répartition est très étendue, le monarque est un symbole de la biodiversité, ce qui explique que la publication de Losey ait soulevé beaucoup d'émotions.

Sur la base d'essais en laboratoire, cette étude montrait que les larves du papillon monarque (espèce non cible), nourries de laiteron contaminé par du pollen de maïs Bt (Bt-176), mangeaient moins, se développaient moins vite, et subissaient une plus forte mortalité que les larves nourries de laiteron sans pollen ou contaminé par du pollen de maïs non transformé. Les résultats de cette étude mettaient en lumière les insuffisances du système d'évaluation des risques par les compagnies tel qu'il est pratiqué aux Etats-Unis. Aussi, ces conclusions furent-elles contestées sur plusieurs points : 1) les quantités de pollen n'étaient pas quantifiées précisément, 2) l'extrapolation des données de Losey et al., qui ne concernait qu'un type de pollen transgénique, à d'autres types de pollens transgéniques, 3) l'extrapolation d'essais en laboratoire au milieu naturel. Cependant, en 2000, une étude de l'Université d'Iowa publiée par *Oecologia* confirmait en milieu naturel que le pollen de maïs Bt tue jusqu'à 70% des larves du papillon monarque (12).

Pour regagner la confiance du public, l'industrie biotechnologique a entrepris plusieurs études avec l'aide des autorités fédérales et canadiennes. Ainsi, des essais en champ ont étudié la distribution et la densité du pollen de maïs : la densité est maximale dans le champ de

4, Ne pas confondre le laiteron américain avec notre laiteron qui est une Composée non toxique (famille des marguerites). Dans ce texte, le laiteron désigne l'espèce toxique américaine.

maïs (171 grains / cm²) et décroît progressivement pour atteindre 14 grains / cm² à 2m (13). Pourtant, ces résultats contrastent avec ceux d'autres études qui donnent des résultats très différents : ainsi, une étude britannique conduite en 1999 par la Soil Association et l'Université de Worcester montrait que les abeilles peuvent récolter et transporter le pollen de maïs sur plusieurs miles (1 mile = 1609m). Le rapport concluait que *“globalement il est clair que le pollen de maïs se disperse bien au-delà des 200 m cités dans plusieurs rapports comme distance de séparation acceptable pour prévenir la pollinisation croisée”* (14).

La toxicité des pollens a également été évaluée. D'après ces études, tous les pollens transformés n'ont pas la même toxicité : les gènes Bt CryIAb, présents dans le maïs Bt-176, affectent significativement le développement et la survie des larves de monarque, alors que Cry9C et CryIF sont relativement moins toxiques (15, 16). Par chance pour le papillon monarque, le maïs Bt-176 utilisé par Losey et al. (11) ne représente plus que 2% des surfaces cultivées en maïs aux Etats-Unis et son habilitation n'a pas été renouvelée (17).

D'autre part, Stanley-Horn et al. (16) ont comparé, en milieu naturel, les effets sur les larves de monarque de pollens transformés toxiques (Bt-176) et moins toxiques (Bt11 & Mon810), aux effets de pollens non transgéniques avec application d'un pesticide usuel (λ -cyhalothrine). Même à de très faibles densités, ces travaux confirment les effets délétères sur les larves de monarque du maïs Bt-176, alors que les effets du pollen d'autres maïs Bt sont négligeables. Ils concluent que la culture des cultivars moins toxiques de maïs Bt reste préférable à l'application conventionnelle de pesticides qui génère une diffusion de pesticides autour des cultures. Toutefois, ils ne prennent pas en compte la possible diffusion du pollen, ni le fait que le maïs transgénique synthétise continuellement la toxine Bt. Enfin, dans une autre étude en milieu naturel, Zangerl et al. (18) concluent que le maïs Bt-176 a aussi des effets subléthaux sur le papillon à queue noire (*Papilio polyxenes*).

En conclusion, la controverse autour du papier de Losey et al. (11) a eu le mérite de stimuler des études complémentaires qui n'auraient sûrement pas été menées sans la polémique. D'après l'ensemble de ces études, certaines conclusions fermes se dégagent : 1) le maïs Bt-176 étudié par Losey et al. (11) a bien un effet délétère pour les larves du monarque, et probablement d'autres espèces (cf. réf. 18, *Papilio polyxenes*), 2) le pollen d'autres cultivars de maïs Bt semble moins, voire pas toxique, en tout cas sur les larves du papillon monarque.

Toutefois, ces quelques études ne comblent pas l'état actuel du déficit de connaissances sur la sécurité écologique des cultures transgéniques : elles se sont focalisées sur l'impact de quelques variétés transgéniques sur une ou deux espèces non cibles. Si l'ensemble de ces études montre qu'il n'est pas légitime d'extrapoler les résultats de Losey et al. (11) à toutes

les variétés Bt, elles montrent, à contrario, que l'impact de chaque variété sur chaque espèce non-cible doit être évalué systématiquement, et qu'on ne peut déduire de l'innocuité de certains maïs Bt sur les larves du papillon monarque que la culture de plantes transgéniques est écologiquement sûre. Ainsi, bien que l'industrie biotechnologique présente ces études comme des preuves de l'innocuité du maïs Bt, elles ont surtout révélé aux citoyens américains que le maïs Bt avait été planté aux Etats-Unis sans une évaluation rigoureuse des risques (17). Les auteurs de ces études le rappelaient très poliment dans leur conclusion : *"Il est impératif que les futures conclusions concernant les impacts sur l'environnement et sur les espèces non cibles des plantes transgéniques soient basées sur des méthodes appropriées d'investigation et des procédures d'évaluation des risques rigoureuses"* (17). Un doux euphémisme pour reconnaître que jusqu'ici, les procédures d'évaluation des risques environnementaux n'étaient pas rigoureuses !

Malgré cela, la communauté scientifique pro-OGM ne change pas son attitude : à la conférence qui s'est tenue à Mexico le 29-30 septembre 2003⁵, Klaus Amman affirmait que *"le maïs Bt constitue un risque minimal pour le monarque aux Etats-Unis"*. Jorge Soberan, directeur de la CONABIO (Commission Nationale pour la Biodiversité du Mexique), lui rappelait que *"la comparaison entre les conditions au champ aux Etats-Unis et au Mexique n'est ni pertinente, ni valide. En effet, les Etats-Unis abritent environ 60 espèces de papillons, alors que le Mexique en a plus de 2000"*. Soberan concluait en demandant une application stricte du principe de précaution.

5 ETC Group, 2003, "Flux Génique : Quelle Signification pour la Biodiversité et les Centres d'Origine", Mexico City, 29-30 septembre 2003. In: Maize Rage in Mexico, www.etcgroup.org

III - L'AFFAIRE PUSZTAI : EFFETS DÉLÉTÈRES D'UNE ALIMENTATION À BASE DE POMMES DE TERRE TRANSGÉNIQUES SUR LES RATS

Pusztai est un spécialiste mondial des lectines, molécules insecticides produites par les plantes pour leur défense. En 1990, ses travaux sur la lectine GAN (lectine de *Galanthus nivalis* qui renforce la résistance aux insectes et nématodes) en avait démontré l'innocuité sur des rats nourris à des doses plusieurs centaines de fois supérieures à celles présentes dans les plantes transgéniques. L'entreprise Axis Genetics utilisa donc le gène GAN en l'insérant dans des plantes transgéniques.

En 1995, les autorités britanniques lancent un appel d'offre portant sur un programme d'étude visant à démontrer l'innocuité des plantes transgéniques. Parmi 28 autres projets, celui de Pusztai est retenu et financé à hauteur de 4 millions de livres (2,45 millions d'euros). Celui-ci dirige donc au Rowett Institute le projet d'évaluation des effets de pommes de terre transgéniques sur l'environnement et la santé lancé par l'Office Ecossois de l'Agriculture, de l'Environnement et de la Pêche (SOAEFD). Une des études de ce projet évaluait l'impact d'un régime constituée de pommes de terre transgéniques sur la croissance de jeunes rats (19) : les résultats mirent en évidence un effet "facteur de croissance" caractérisé par une production accrue des cellules génératives de la paroi stomacale des rats consommant le régime OGM (20). La prolifération de mucosités gastriques n'apparaît que dans le lot nourri de pomme de terre transgéniques : les rats nourris de pommes de terre ordinaires auxquelles la lectine est ajoutée ne présentent pas ces symptômes. Les auteurs en concluent que "l'effet de prolifération est dû soit à l'expression d'autres gènes de la construction, soit à un effet de position provoqué par l'insertion du gène GAN dans le génome de la pomme de terre" (20).

Pusztai prit alors la décision d'alerter l'opinion publique en relatant, lors d'une émission télévisée, des résultats préliminaires montrant que la mortalité des groupes de rats nourris de pommes de terre transgéniques exprimant la lectine était significativement plus élevée que la mortalité des groupes de rats nourris de pommes de terre non transgéniques, avec ou sans apport externe de lectine. D'abord félicité par Philip James, son supérieur au Rowett Research Institute, son contrat avec le Rowett Institute n'est pas renouvelé fin 1998. Les résultats gênants de Pusztai sont d'emblée décrédibilisés par des attaques portant sur le traitement statistique (composition des groupes de rats et le nombre de répétitions). Plus modéré, Maartin Chrispeels, de l'université de San Diego (Californie), estimait en mars 1999 que les

expériences étaient de bonne qualité mais les résultats encore insuffisants pour être publiés. Il s'interrogeait en particulier sur les variations apparaissant dans la composition des trois lots de pommes de terre - un lot témoin, un lot avec ajout de lectine et un lot transgénique - les deux premiers étant équivalents en composition mais pas le troisième⁶.

A l'Institut Rowett, le contexte de cet été 1998 était très particulier: financé à hauteur de 1,5 million de francs par Monsanto, l'Institut Rowett était en négociation pour un gros contrat avec cette multinationale au moment de l'émission télévisée. Le scandale est aggravé par le fait qu'en 1998, les Britanniques consomment des aliments transgéniques depuis deux ans sans qu'aucun de ces aliments n'ait subi de tests toxicologiques. Pusztai se trouve alors pris dans une campagne de diffamation : le John Innes Centre se trouve au cœur de ces attaques. Phil Dale, directeur associé au JIC (interactions industrielles), insinue que la mortalité des rats est due à la toxicité des lectines pour les mammifères. Or, la lectine choisie par Pusztai (GNA) était, bien sûr, dépourvue d'effets sur les mammifères (cf. <http://members.tripod.com/~ngin/bios-pin.htm>).

D'autres attaques visent à disqualifier les résultats de Pusztai en lui reprochant d'évoquer des résultats non évalués par des pairs alors que l'article était déjà soumis. Toutefois, ses détracteurs n'ayant d'autres critiques que statistiques se rabattent sur des arguments dont on peut légitimement se demander ce qu'ils apportent aux problèmes scientifiques. Ainsi, Richard Sykes, PDG de GlaxoWellcome, minimise la portée des inquiétudes publiques en déclarant le 13 septembre 1999 : *"il est maintenant fort probable que les conséquences de l'actuelle campagne anti OGM portent préjudice à notre pays. Cela conduira à l'échec de développer de nouvelles compagnies britanniques basées sur la technologie développée ici, à la perte d'expertise technique, ... et à un désavantage pour l'agriculture britannique"*.

Suite au tollé médiatique, Blair nomme lord Cunningham à la tête d'une commission parlementaire sur les biotechnologies : le rapport publié en mai 1999 blanchit les aliments et semences transgéniques (www.cabinet-office.gov.uk). Pour achever la controverse, la Royal Society publie un rapport très défavorable à Pusztai (www.royalsoc.ac.uk). Toutefois, les membres de la Royal Society n'apportent aucune explication satisfaisante aux observations histologiques d'Ewen et Pusztai (20), pas plus qu'aux différences observées entre deux lignées qui n'étaient substantiellement équivalentes en composition ni aux lignées parentales, ni entre elles. Le rapport de la Royal Society passe aussi sous silence des analyses statistiques multivariées menées indépendamment par les Services Ecossais de Statistiques Agricoles qui suggèrent que les effets potentiellement nuisibles de pommes de terre transgéniques sont en partie seulement causés

⁶, Biotechnol. Newswatch. 1999. 15 mars, page 1

par la présence du transgène de la lectine, et que la méthode de transformation génétique, et/ou les perturbations du génome des pommes de terre contribuent aussi aux changements observés.

Le 29 mai 1999, la prestigieuse revue médicale The Lancet fait son éditorial sur l'affaire Pusztai : la manière d'agir de la Royal Society à l'égard du Dr Pusztai est qualifiée de "*stupéfiante impertinence*". Cette revue s'étonne que la Royal Society reproche à Pusztai d'évoquer des résultats non publiés alors que les essais cliniques de phase I ou II font quotidiennement l'objet de communiqués de presse, sans que la Royal Society ne s'en émeuve. En quoi Pusztai mérite-t-il un traitement particulier, d'autant que ses travaux étaient déjà soumis à une revue ? Lancet publie un article de Horton, Pusztai et Ewen sur les effets d'une alimentation modifiée (19). Depuis, Pusztai continue ses travaux et a obtenu le soutien du Prince de Galles. Pour plus de détails, voir le rapport de l'ISP (10) qui aborde la question de la sûreté alimentaire des aliments transgéniques en détail.

IV- LES POINTS PRINCIPAUX DES CONTROVERSES SUR LES OGM

I- CaMV35S, un promoteur délinquant

La controverse autour du maïs mexicain ne porte pas seulement sur la contamination elle-même, mais également sur la possibilité qu'à cause de leur instabilité, les séquences transgéniques aient pu "se fragmenter et s'éparpiller dans tout le génome" (6). En effet, les plantes transgéniques mises sur le marché ont été testées en croisement et les firmes biotechnologiques affirment que le transgène se transmet intégralement de manière mendélienne. La découverte de séquences tronquées par Quist et Chapela a donc été unanimement qualifiée d'artefacts par la communauté biotechnologique (6, 7 et 21). Il faut préciser que tous les maïs transgéniques renferment le promoteur CaMV 35S : ce promoteur viral est très performant (efficacité de transformation élevée) et était considéré par la communauté biotechnologique comme spécifique des plantes (22).

Or, de nombreux travaux publiés montrent que si le virus entier n'infecte que les plantes, le promoteur CaMV35S est fonctionnel chez d'innombrables espèces du monde vivant, non seulement des bactéries, algues, champignons et plantes (22, 23 et 24), mais aussi dans les cellules animales et humaines (23, 24). De plus, ce promoteur viral possède un point chaud de recombinaison (structure qui favorise des recombinaisons qui ne devraient pas avoir lieu), point chaud dont la séquence est connue pour augmenter l'efficacité de transformation génétique des plantes en stimulant probablement les phénomènes de recombinaison génétique (voir encadré 1). Cette propriété du promoteur CaMV35S peut expliquer la fragmentation et l'éparpillement du transgène dans le génome, possibilité rejetée par Metz et Futterer (6). De même, Kaplinsky et al. (7) parlent d'artefacts à propos des séquences tronquées retrouvées par Quist & Chapela. A l'opposé, certains auteurs considèrent que cette fragmentation et dispersion d'ADN instable peut activer des virus dormants et des transposons, provoquant des réarrangements, délétions et translocations qui peuvent déstabiliser le génome des variétés locales, les conduisant à l'extinction (10). Cependant, de telles séquences tronquées ont été mises en évidence dans une étude récemment publiée par Marevitch et al. dans *Plant Molecular Biology* (25) et une étude dirigée par l'équipe de Christou (26) dans *The Plant Journal* (cf. encadré 1). De plus, un écart significatif existe entre les déclarations publiques de stabilité absolue des transgènes (6, 7 et 21) et celles faites lors des débats suivant les congrès. Ainsi, lors du congrès « Flux génique entre variétés locales de maïs, variétés améliorées et téosinte : implications pour le maïs

ENCADRÉ N° I : TURBULENCES AUTOUR DU PROMOTEUR CAMV35S

En 2002, Paul Christou a publié, dans la revue *Transgenic Research*, un éditorial qu'il présente comme "*une analyse purement scientifique*" des résultats de David Quist et Ignacio Chapela (22). En fait, son texte est un véritable réquisitoire méthodologique. D'une part, il reproche aux auteurs de ne pas avoir procédé à un simple dépistage phénotypique (recherche de l'expression biologique du transgène) puisque, d'après lui, la "cassette" [promoteur CaMV35S + transgène + terminateur nos] est forcément transférée intacte au cours d'une contamination par pollinisation croisée. D'autre part, s'en prenant aux résultats moléculaires, il jette une volée de questions impitoyables à la face des chercheurs fautifs. Pourquoi ne retrouve-t-on pas le transgène en compagnie du promoteur CaMV35S ? Pourquoi celui-ci n'est-il pas toujours associé, comme il le devrait, à un terminateur nos ? Comment expliquer la disparition d'un site de restriction (séquence spécifique) de l'enzyme EcoRV, normalement présent dans l'ADN dépisté ?

Christou n'hésite pas à conclure que l'article de Quist et Chapela témoigne surtout des nombreuses failles techniques et des artefacts qui entachent classiquement les techniques de PCR et de PCR inverse. La présence indubitable du promoteur CaMV35S, dans les résultats obtenus par

PCR, serait due à une contamination de laboratoire, survenue pendant la préparation des échantillons. Observons toutefois que les témoins négatifs (maïs provenant du Pérou et eau distillée) se révèlent miraculeusement épargnés par cette "*contamination de laboratoire*", alors qu'ils ont été préparés en même temps que les autres échantillons. Les résultats des PCR inverses sont, quant à eux, déclarés "*problématiques, intrinsèquement inconsistants*". Pourtant, ils auraient acquis une certaine "*consistance*" s'ils avaient été examinés à la lumière d'un article publié en 1999. Les auteurs de cet article (26), Ajay Kohli et al., ont dressé un portrait détaillé du promoteur CaMV35S après avoir analysé minutieusement douze lignées de riz transgénique. Dans leurs observations, l'intégration du transgène dans l'ADN récepteur s'accompagne de réarrangements capables de faire disparaître des sites de restriction et, chez quatre des lignées étudiées, le réarrangement et sa jonction impliquent le promoteur CaMV35S, lequel s'avère posséder un "*point chaud*" de recombinaison. La séquence de ce "*point chaud*" comporte un palindrome imparfait ; selon les auteurs, plusieurs de ses particularités favorisent la formation de boucles "*en épingle à cheveux*" à partir d'ADN différents, entraînant une fréquence élevée de recombinaisons "*illégitimes*". La structure du point chaud de

CaMV35S ressemble à celle d'une séquence particulière, mise en évidence chez le Pétunia, et connue pour augmenter l'efficacité de transformation génétique de cette plante en stimulant probablement les phénomènes de recombinaison génétique. Les résultats de Kohli et al. (26) indiquent aussi que la machinerie végétale est capable d'utiliser les séquences virales hautement recombinantes, même en absence de virus complet, et que le terminateur nous semble posséder lui aussi une région hautement encline à la recombinaison. Ces travaux fournissent une trame explicative à la plupart des bizarreries détectées dans les résultats de Quist et Chapela. En particulier, ils rendent moins "problématiques" la disparition de sites spécifiques tels que celui d'EcoRV, la dissociation des éléments de la "cassette" génétique (promoteur, transgène, terminateur), ou la diversité inattendue des séquences trouvées au voisinage de CaMV35S. On pourrait comprendre que Christou, porté par son désir de critiquer, ne se réfère pas à l'article de Kohli et al. ... mais c'est embarrassant car il en est le dernier signataire - c'est à dire le rédacteur de plus haut niveau hiérarchique, si les bonnes manières éditoriales ont été respectées ! Ici, nous accédons à une dimension psycho-sociologique intéressante du milieu scientifique. Paul Christou a-t-il subi la pression de son institution, le John Innes

Centre ? Cette structure de recherche privée abrite le Sainsbury Laboratory dont David Baulcombe est un membre influent et renommé. Rappelons que Baulcombe, adversaire déclaré des empêcheurs de transgéniser en rond, a été le principal détracteur de John Losey (affaire du papillon monarque) et d'Arpad Pusztai (affaire des pommes de terre produisant des lectines).

Un groupe international de chercheurs, *l'Independent Science Panel* (www.indsp.org), s'est donné pour mission d'alerter la société civile et le monde scientifique contre les fortes capacités de recombinaison de CaMV35S, entre autres dangers des cultures transgéniques. Les chercheurs de l'ISP soulignent que des recombinaisons malencontreuses, impliquant le promoteur viral, peuvent avoir pour conséquences l'activation de virus dormants, la mutation de gènes constitutifs, ou la multiplication des transferts horizontaux. D'où l'émergence possible de nouvelles pathologies, multiplications des cancers, ou contaminations génétiques de plus en plus incontrôlables. Il est à craindre que les constructions transgéniques les plus banales du commerce nous préparent de redoutables surprises.

transgénique », le Dr Payne (directeur de *Biotechnology, Biologics and Environmental Protection*) soulignait que d'après son expérience, les transgènes ne sont pas plus stables que d'autres parties du génome (27, p101-102). Dans le même congrès, Goodman (professeur de Sciences Agronomiques, North Carolina) s'inquiète du fait que seuls les résultats positifs soient publiés. Il affirme : *“ce que la majorité d'entre vous ignorent, c'est qu'un gène donné présentant une bonne expression dans la lignée de maïs Missouri 17 n'aura pas une bonne expression dans la lignée CIM-MYT 247. L'expression varie dans différentes situations. Je ne doute pas que celles qui sont commercialisés aient une bonne expression. Cependant, je ne vois aucune raison de précipiter les choses et de dire que tout est ainsi à moins que nous soyons absolument sûr que c'est le cas”*. Nous avons peut-être ici un début d'explication de l'écart entre la stabilité des transgènes lors des essais et leur instabilité au champ : Goodman souligne que le transfert d'une construction d'une lignée à l'autre modifie l'expression du transgène. Tel serait probablement le cas pour l'expression d'un transgène qui se retrouverait dans des variétés traditionnelles.

Il est donc nécessaire de tester le comportement des lignées dans des contextes écologiques variés si l'on veut réellement s'assurer de la stabilité des constructions génétiques au champ. D'autre part, une bonne expression d'un gène dans une lignée ne garantit pas que ce gène aura une bonne expression dans une autre lignée à laquelle il aurait été transféré. Pour toutes ces raisons, l'utilisation généralisée du promoteur CaMV35S pose donc de sérieux problèmes écologiques. La contamination des variétés locales par des plantes transgéniques pourrait avoir un effet dévastateur sur les populations naturelles et contribuer à l'érosion de la biodiversité, en particulier de l'agrobiodiversité comme le montre la contamination généralisée des variétés locales de maïs.

2- Les infortunes de la biodiversité

Contrairement à l'opinion optimiste et non argumentée d'auteurs cités plus haut (4, 6, 7 et 21), l'introduction de plantes transgéniques peut présenter un danger pour la biodiversité, du moins dans certains contextes écologiques. En premier lieu, demeure le problème de la conservation des variétés traditionnelles, qui est aggravé par la culture de variétés transgéniques dans le berceau d'origine comme c'est le cas au Mexique. L'introduction de variétés transgéniques de maïs, dans le centre de diversité de l'espèce et dans un système de production différent des systèmes industriels, pose le problème de la libération incontrôlée dans la nature de gènes qui pourraient modifier la structure génétique (28, 29, 30 et 31) et le comportement d'espèces sauvages (30, 31) ou de variétés locales (création de super mauvaises herbes ou perturbation des modes de reproduction). Au Mexique, seulement 15% de la surface cultivée est semée avec des semences commerciales, le reste provenant de variétés locales

(27). En effet, il existe 25000 variétés de maïs sauvages, et environ 300 variétés sont couramment utilisées par les agriculteurs (27). Ces variétés sont sélectionnées et conservées par les agriculteurs qui pratiquent des échanges d'une région à l'autre : ces échanges permettent l'introduction de nouveau matériel génétique et le flux génique constant qui provient de l'introduction régulière de nouvelles variétés assure le maintien d'un polymorphisme intra population (32).

Par ailleurs, les systèmes de culture du maïs au Mexique et aux Etats-Unis diffèrent à plusieurs niveaux : 1) la taille des parcelles (10-100 ha aux Etats-Unis contre moins de 2 ha au Mexique), 2) les semences (certifiées et renouvelées chaque année aux Etats-Unis, ressemées au Mexique). Par conséquent, une variété traditionnelle semée au Mexique est plus fortement soumise à une contamination génétique qu'une variété semée dans le *corn belt* (ceinture du maïs) aux Etats-Unis (32). De plus, le renouvellement des semences aux Etats-Unis d'une année à l'autre empêche la transmission d'un gène aux générations suivantes, alors que le système traditionnel mexicain favorise cette transmission aux générations suivantes et aux variétés locales ou aux populations de téosintes situées dans les parcelles adjacentes. Il s'ensuit qu'un processus de contamination pourrait être plus facilement et efficacement combattu aux Etats-Unis par le simple retrait de la semence et le semis d'autres variétés, alors qu'au Mexique, l'introduction d'un nouveau gène entraîne une diffusion incontrôlable, d'autant que des variétés locales ayant intégré le gène peuvent le répandre au cours des générations suivantes.

Pour toutes ces raisons, la procédure d'élimination du transgène que suggèrent Martinez-Soriano et al. (4) est applicable aux Etats-Unis, mais serait inapplicable au Mexique où les paysans s'échangent les semences de manière informelle. De plus, si une urgence imposait cette procédure de retrait, comment s'assurer qu'aucun fermier ne garde de semences suspectes ?

Par ailleurs, les bonnes pratiques ne sont pas toujours respectées. Selon les recommandations de l'EPA (Agence de Protection de l'Environnement), les agriculteurs qui cultivent des plantes Bt doivent ménager plus de 20% de refuges (superficie plantée en variétés non OGM) afin d'éviter la sélection d'insectes résistants. Comme pour l'antibiothérapie, le niveau d'expression des gènes Bt dans les plantes transgéniques doit être élevé afin d'obtenir dans les tissus végétaux des concentrations de toxine efficaces qui évitent l'évolution de résistance des insectes à la toxine. Pour toutes ces raisons, Hilbeck et al. (33) soulignent que *"la sélectivité des toxines et protoxines Bt ne peut pas être déduite de l'usage long et sûr d'insecticides Bt dans le passé, insecticides qui étaient seulement présents dans les champs pour de courtes périodes de temps après application"*. Enfin, des études réalisées dans la nature ont mis en évidence des interactions au niveau tritrophique (plante/herbivore/prédateur) : bien que l'organisme intermédiaire (herbivore) soit peu affecté par sa nourriture végétale, sa toxicité augmente pour le prédateur. Ainsi,

des prédateurs consommant des proies herbivores nourries de maïs Bt subissent des effets adverses sur leur croissance et leur survie (33). De même, Birch et al. (34) ont rapporté des effets adverses médiés par la proie sur des coccinelles adultes, si leurs proies (pucerons) étaient nourries de pommes de terre transgéniques produisant la lectine. En ce qui concerne l'évaluation de la sûreté écologique des cultures transgéniques, ces études montrent la nécessité d'études qui prennent en compte le réseau d'interactions au niveau tritrophique. Elles mettent en évidence aussi l'impact potentiel négatif des cultures transgéniques sur d'autres moyens de lutte contre les nuisibles, par exemple le contrôle biologique.

3- Un argumentaire scientifique mal fondé

Les groupes de pression favorables aux biotechnologies ironisent souvent en reprochant un manque de rigueur aux détracteurs des OGM, mais leurs propres membres pratiquent la confusion et l'amalgame dans leurs déclarations publiques. En matière de recherche sur les impacts des OGM, ces lobbies mènent une intense activité : leur argumentation est souvent caractérisée par une stratégie de dévalorisation des travaux défavorables, dévalorisation basée sur la méconnaissance du public. Par exemple, Christou (*Cf. encadré I*) qualifie la présence indubitable du promoteur CaMV35S dans les résultats de Quist et Chapela de "*contamination de laboratoire survenue pendant la préparation des échantillons*". Contre toute évidence, Christou affirme que la présence du promoteur dans les 10 échantillons de maïs est due à la manipulation et que le hasard a miraculeusement épargné les témoins négatifs de cette "*contamination de laboratoire*", alors qu'ils ont été préparés en même temps que les autres échantillons. Il a aussi qualifié les travaux de Quist & Chapela de "*résultats préliminaires non évalués par des pairs*", en occultant le fait que le papier de Quist & Chapela a été examiné suivant les canons académiques. Sa critique, publiée dans *Transgenic Research* (21), insiste particulièrement sur certaines "*bizarries*" trouvées par Quist & Chapela alors qu'il a dirigé des travaux sur les propriétés du promoteur CaMV35S (26) dont les conclusions peuvent expliquer ces "*bizarries*". Il ignore des résultats publiés dont il est l'auteur et discrédite les résultats publiés par Quist et Chapela qui sont pourtant similaires.

Un autre exemple d'amalgame et de confusion nous est donné par les commentaires sur l'affaire du papillon monarque (*cf. encadré II*). Ici encore, le JIC est au centre de la controverse : Baulcombe a attaqué les recherches de Losey en affirmant publiquement que "*les larves de papillon étaient également affectées par le pollen de maïs modifié ou non*", alors que seules les larves nourries de pollen modifié mouraient (<http://members.tripod.com/~ngim/false.htm>). De même, Phil Dale, directeur associé au JIC (interactions industrielles), a ainsi grossièrement commenté les recherches de Pusztai en insinuant que la mortalité des rats était due au fait que

les lectines étaient des toxines pour les mammifères. Or, toutes les lectines ne sont pas toxiques pour les mammifères : nous en absorbons tous les jours dans divers aliments, en mangeant des tomates par exemple. Certaines lectines ne sont toxiques que pour les insectes et la lectine choisie par Pusztai (GNA) était, bien sûr, dépourvue d'effets sur les mammifères (<http://members.tripod.com/~ngin/biospin.htm>).

De son côté, Val Giddings, vice-président de BIO, a applaudi au renvoi de Pusztai en affirmant : *"c'est une étude qui n'aurait jamais dû voir la lumière du jour"*. Il a également critiqué les travaux de Quist et Chapela en affirmant : *"Il est difficile de voir comment la protection contre un nuisible pourrait être négative, tandis que les traits de résistance aux herbicides ne pourraient qu'être neutres, en l'absence de l'herbicide"* et conclut : *"la biotechnologie combat la menace sur la biodiversité"* - cités par John Hodgson (3). Dans cette affirmation, il fait la confusion entre le niveau individuel (le grain) et le niveau populationnel (l'ensemble des grains). Même si l'individu qui a capté un gène de résistance à un nuisible est avantageux, la diffusion de ce gène dans la population d'une espèce sauvage n'est pas nécessairement avantageuse : par exemple, si la population de cette espèce sauvage est faiblement infestée par le nuisible, la diffusion du gène, avantageux pour les individus infestés, à toute la population constituerait un lourd fardeau pour cette population, fardeau qui se traduirait par une perte de compétitivité. Il s'ensuit que cette population pourrait être envahie par une espèce voisine moins compétitive auparavant. De plus, les individus qui captent un gène de résistance à un nuisible sont avantageux en présence du nuisible : ainsi, ils pourraient envahir de nouveaux milieux qui, en l'absence de cette résistance, lui seraient restés inaccessibles. Grâce à cet avantage, la fréquence des plantes porteuses de ce gène dans la population augmentera : plus l'avantage conféré par le gène est important, plus l'invasion de la population est rapide et complète. Dans l'hypothèse d'un avantage extrême (par exemple, forte infestation par le nuisible), il y a fixation du gène, c'est-à-dire élimination de tous les individus non porteurs (30, 31). La capture d'un gène de résistance peut donc influencer à la fois sur la diversité intraspécifique (disparition des variétés non porteuses au sein de l'espèce et donc homogénéisation de cette espèce) et sur la diversité interspécifique (déplacement des espèces voisines par compétition). En effet, une plante n'est pas une entité abstraite ; au contraire, elle se trouve dans un réseau intégré qui la relie à d'autres organismes, coopératifs (pollinisateurs, symbiotes...) ou antagonistes (pathogènes, herbivores...). De même, l'avantage sélectif conféré par un gène varie en fonction de l'environnement, de la structure de la population et du réseau d'interactions du porteur. Par de tels processus, les variétés locales peuvent être submergées par les individus porteurs du transgène (30, 31). Au Canada, l'existence de colza présentant une triple résistance aux herbicides et nécessitant au moins deux croisements successifs a été décrite (30). Aux Etats-Unis en 2002, le croisement de tournesol Bt avec des variétés apparentées sauvages a abouti à l'évolution d'aptitudes envahissantes

ENCADRÉ N° II : LE JOHN INNES CENTRE

Le John Innes Centreⁱ est internationalement renommé pour sa recherche sur les plantes et est souvent perçu comme une institution publique indépendante. Selon son propre rapport annuel 1999-2000, le JIC se présente comme essentiellement financé par des fonds publics et privés : en 1999-2000, il a reçu des fonds de AstraZeneca, Aventis (AgrEvo), Monsanto, Unilever, Novartis Crop Protection, DuPont et International Atomic Energy Authority. D'autre part, ses fonds publics proviennent principalement du BBSRC (*Biotechnology and Biological Science Research Council*) qui contribue à hauteur de 47%, environ 12,1 millions de livres pour 1999-2000 (17,4 millions d'euros). Le BBSRC finance aussi le Sainsbury Laboratory, sur le même site, près de Norwich, Norfolk, UK qui reçoit aussi 2,4 millions de livres (3,5 millions d'euros) annuellement de la *Gatsby Charitable Foundation*. Pour sa part, le BBSRC est financé principalement par les contribuables à travers le Budget de la Science. Il est contrôlé par le Département du Commerce et de l'Industrie via l'Office de la Science et de la Technologie – à présent dirigé par Lord Sainsbury. Le JIC a aussi un accord de recherche de 10 ans avec AstraZeneca d'un montant de 60 millions de livres (86 millions d'euros) pour l'établis-

sement du Centre Zeneca d'Amélioration du Blé, rebaptisé ultérieurement le Laboratoire Syngenta du Génome. Bien que les sponsors commerciaux représentent moins de 10% de son budget annuel, leur influence s'étend à toute la culture stratégique du JICⁱⁱ. Les corporations ont ainsi une influence sans proportion avec leur contribution. De plus, la politique pro OGM du JIC semble émaner d'une institution publique, ce qui lui donne plus de respectabilité aux yeux du public que si elle émanait clairement de l'industrie. Le financement public du JIC, via le BBSRC, a été augmenté par Lord Sainsbury, Sous-Secrétaire d'Etat à la Science et pro OGM convaincu, qui a fortement influencé la politique du gouvernement anglais. Jusqu'en 1998, il dirigeait la chaîne de supermarché J Sainsbury, qui contribue significativement aux finances du Parti Travailliste.

En tout cas, le JIC a pris part à toutes les controverses récentes sur les OGM et avec une partialité qui s'oppose à l'objectivité scientifique (*cf. plus haut*). Son attitude semble assumée puisque le directeur du JIC, le professeur Chris Lamb, affirmait dans une lettre du 27.3.2000 à propos des liens du JIC avec l'industrie : *"Je mène le bon combat pour les OGM"*ⁱⁱⁱ.

i, Les informations sont tirées de l'ouvrage de George Monbiot: "Captive State: The Corporate Takeover of Britain", MacMillan, London, 2000

ii, dataserv.bbsrc.ac.uk/oasintro.htm i

iii George Monbiot (2000) op.cit

et reproductives accrues chez le tournesol sauvage (10) : les plantes issues de ces croisements étaient en effet plus prolifiques que le tournesol Bt dont les champs furent envahis par la nouvelle « *super mauvaise herbe* » (10).

Par ailleurs, l'industrie biotechnologique affirme que les OGM permettent une réduction de l'utilisation de pesticides, et participent donc à la diminution de la pollution agrochimique. Cette affirmation est contredite par d'autres études. En particulier, une analyse détaillée du Département de l'Agriculture (USDA)⁷ montrait qu'en 2001, l'utilisation d'herbicides sur les sojas RR était supérieure de 3,6% à 7,1% par rapport à des sojas conventionnels. Dans 6 états, l'excès d'application d'herbicides sur les sojas RR dépassait 30%. Ce rapport concluait : « *en réalité, la quantité totale d'herbicides utilisée sur les sojas a augmenté alors que le glyphosate (13,4 millions de livres) remplaçait les herbicides conventionnels (11,1 millions de livres). Une étude plus récente⁸ couvrant la période 1996-2003 montre que l'utilisation de pesticides sur les cultures OGM aux Etats-Unis a diminué pendant les premières années de culture (1996-1998), mais qu'elle augmente régulièrement depuis 1999 : cette augmentation de l'utilisation de pesticides atteint 11,5 % en 2003* ». D'après ce rapport, cette évolution s'explique par une résistance accrue des nuisibles et par une baisse du prix des pesticides. En fait, un examen attentif des chiffres des 8 dernières années⁹ montre que, si les variétés Bt ont effectivement contribué à réduire l'utilisation de pesticides de 19,6 millions de livres, l'utilisation de ces pesticides sur les variétés tolérantes aux herbicides ont nécessité une augmentation de 70 millions de livres, en raison notamment de l'adaptation des communautés végétales. Globalement, l'utilisation des pesticides sur les cultures OGM a donc augmenté de 50,6 millions de livres au cours des 8 dernières années.

D'autre part, des études portant sur la rentabilité des cultures transgéniques montrent que celle-ci est variable d'une espèce à l'autre, d'une région à l'autre et d'une année à l'autre (36). Par exemple, la rentabilité du maïs Bt est fluctuante et dépend beaucoup du degré d'infestation des récoltes par les insectes. Deux études sur la rentabilité du colza au Québec donnent des résultats contradictoires (36). Même au niveau économique, l'intérêt du développement de plantes transgéniques semble faible, surtout si l'on veut évaluer l'impact de ces cultures sur l'environnement.

4- Science / Industrie : des liaisons dangereuses

En fait, les firmes biotechnologiques ont tout fait pour empêcher la prise de mesures internationales qui auraient pu limiter leurs projets. Pour cela, les compagnies biotechnolo-

7, Fernandez-Cornejo, J. and Mc Bride W. D. Adoption of Bioengineered crops, USDA Economic Research Service, May 2002.

8, Charles M. Benbrook: Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the United States: the first eight years. BioTech InfoNet, technical paper number 6, November 2003

giques se sont organisées en divers groupes de pression : le principal lobby, *the Biotechnology Industry Organization* (BIO) regroupe plus de 1000 membres au premier rang desquels on retrouve AstraZeneca, Aventis, Bayer, DuPont, Monsanto et Syngenta (www.gmwatch.org/profile1.asp?PrId=23). Entre 1998 et 2002, cette organisation a dépensé 14 166 000\$ pour ses activités de lobbying. La virulence des attaques menées contre Quist & Chapela, ainsi que les campagnes menées sur Internet, dépassent largement le champ habituel de la critique scientifique : en général, les divergences entre scientifiques sur la méthodologie ou l'interprétation donnent lieu à des échanges limités à la presse scientifique, et n'aboutissent pas à la rétractation du papier. Le climat général de la campagne et la virulence des attaques, souvent ad hominem, rappellent les méthodes utilisées contre Arpad Pusztai, Losey et d'autres chercheurs qui avaient mis en garde contre certains effets des plantes transgéniques (cf. II et III). Il est évident que de telles pratiques n'ont rien à faire dans le champ de la connaissance scientifique. Plus troublant, certains instituts se tiennent derrière ces attaques infamantes. Ainsi, l'une des sources principales de ces attaques est un institut de biotechnologie du Royaume-Uni, le John Innes Centre (cf. encadré II). Ce centre de recherche privé reçoit des finances de plusieurs fondations et abrite le Sainsbury Laboratory, spécialisé dans la biologie moléculaire des plantes et dirigé par David Baulcombe (www.jic.bbsrc.ac.uk/corporate/About_JIC/mngt_struct.html#rescom).

De plus, les firmes de biotechnologie ont renforcé leurs liens avec les universités et les organismes publics. Ainsi, Syngenta qui résulte de la fusion de Novartis et Astra Zeneca, se trouve au premier rang des firmes biotechnologiques, en ce qui concerne les semences et les brevets. Sa politique de recherche consiste à créer des relations avec de nombreuses universités du monde entier. Ainsi, Berkeley a signé en 1998 un contrat de 25 millions de dollars avec Novartis (maintenant Syngenta) portant sur l'activité de tout un département. En fait, ce contrat fixait la participation de Novartis (à hauteur d'un tiers) au budget du département de biologie végétale et de microbiologie pendant cinq ans. En échange, la multinationale suisse obtenait un privilège sans précédent : un droit de première négociation pour le dépôt des brevets, sur un tiers des découvertes effectuées par n'importe quel laboratoire du département. Une clause, en particulier, alimenta la controverse : elle prévoyait la présence de deux représentants de Novartis dans le comité de cinq personnes qui répartiraient chaque année les crédits de recherche. Il est intéressant de constater que Chapela et Quist faisaient partie des opposants au projet, alors que leurs contradicteurs dans *Nature* appartiennent au département sous contrat avec Novartis (www.unesco.org/courier/2001_11/fr/doss12.htm). L'influence toujours grandissante des intérêts économiques suggère que ces campagnes de dénigrement des "mauvais scientifiques" ne font que commencer. Aussi, au-delà de la communauté scientifique et de ses intérêts, une menace sérieuse plane sur l'objectivité scientifique et la liberté d'une critique argumentée.

CONCLUSION

Bien que la contamination du maïs ait été reconnue, la virulence des attaques et l'exclusion de Chapela malgré le soutien de la majorité de ses collègues montrent assez la pression que les firmes biotechnologiques font peser sur la communauté scientifique. La décision inhabituelle qu'ont adoptée le Comité Budgétaire et le Chancelier en allant contre tous les avis des comités d'évaluation montrent à la communauté scientifique, comme le souligne le Pr. Wayne Getz, qu'elle ne doit pas s'attendre à être soutenue en cas de conflits avec des intérêts financiers. Pour de nombreux chercheurs, l'influence de ces intérêts financiers fait redouter la prise de contrôle de l'Université de Berkeley. En réaction à cet état de fait, une conférence a été organisée à Berkeley le 10 décembre 2003 : elle réunissait les scientifiques victimes de campagnes de diffamation à cause de leurs travaux (Pusztai, Losey, Chapela et Hayes) et est visible sur Internet à l'adresse suivante : www.nature.berkeley.edu/pulseofscience.

La posture de l'administration de l'Université de Berkeley pose de très sérieuses questions sur l'avenir de la recherche et de la neutralité scientifique. En face d'intérêts financiers organisés et bénéficiant de nombreux instituts à leur service, l'objectivité même de la science est remise en cause. De plus, 5 ans après le renvoi de Pusztai, aucune expérience scientifique n'a été menée par les firmes agrobiotechnologiques pour démontrer l'innocuité des aliments transgéniques. La diligence que mettent des institutions aussi respectables que la Royal Society au Royaume-Uni à convaincre l'opinion publique du devoir moral de nourrir la planète avec des OGM laisse perplexe. Par exemple, l'argumentation développée par le Pr Burke n'a rien de scientifique, mais se base au contraire sur des arguments moraux. Cet ardent défenseur des OGM essaie de convaincre ses concitoyens que l'intérêt des scientifiques britanniques coïncide avec le bien-être des pauvres et des affamés qui vivent dans les pays en développement, tout en accusant les opposants aux OGM d'égoïsme et d'inhumanité. Mais le Dr. Devinder Sharma, analyste économique indien, rétorque à l'argument de ces scientifiques britanniques que *"leur réelle inquiétude est à propos du futur de leurs collègues et enfants"*. Et il continue ainsi : *"le temps est passé où Robin des Bois volait aux riches et donnait aux pauvres. C'est juste l'inverse maintenant. L'élite riche ne ménage aucun effort pour voler les pauvres, même en créant des profits au détriment des multitudes affamées... Ils sont les nouveaux Robins des Bois - toujours prêts à exploiter les pauvres et affamés au bénéfice d'intérêts financiers"*. (www.gmwatch.org/archive2.asp?arcid=2207).

De leur côté, les firmes biotechnologiques n'essaient pas de développer une argumentation solide qui pourrait convaincre les esprits critiques. Par exemple, au lieu d'étudier de manière sérieuse l'effet d'une alimentation transgénique dont l'innocuité ne peut être garantie qu'en réalisant des tests toxicologiques, les firmes biotechnologiques se replient derrière le concept mal défini d'« équivalence en substance ». Or, dès 1999, un article (36) paru dans *Nature* rejetait ce concept comme étant sans valeur scientifique réelle : *"l'équivalence en substance est un concept pseudo-scientifique parce qu'il est un jugement commercial et politique se faisant passer pour scientifique. De plus, il est antiscientifique de manière inhérente parce qu'il a été créé essentiellement dans le but de servir d'excuses pour ne pas exiger les tests biochimiques ou toxicologiques. Il sert donc à décourager et à inhiber une potentielle recherche d'informations scientifiques..."* Malgré la sévérité de cet argumentaire, les firmes biotechnologiques continuent à utiliser ce concept à tort et à travers sans avoir jamais estimé utile de répondre aux critiques exprimées en défendant scientifiquement leur miraculeux concept. Plus troublant, les politiques et décideurs ne sont pas particulièrement actifs dans le domaine de la défense de la santé publique, et préfèrent souvent faire la morale à leurs concitoyens sur la nécessité et l'urgence de plonger aveuglément dans le monde merveilleux du transgénique, sous peine de condamner le pays à l'archaïsme. Pourtant, malgré la volonté de la Communauté Européenne de lever le moratoire et d'autoriser la culture de maïs Bt 11, l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments (AFSSA) a rendu un avis défavorable le 4 décembre 2003¹¹ car elle estime que les tests sont largement insuffisants. Selon l'AFSSA, cet OGM issu d'un croisement entre une variété conventionnelle de maïs doux et une variété grain Bt 11 génétiquement modifié, ne présente pas toutes les garanties requises : *"Le dossier est incomplet, en fait il ne correspond pas au produit mis sur le marché. (...) D'éventuels effets inattendus, liés à une interférence de la transformation génétique avec le métabolisme spécifique du maïs doux ne peuvent être écartés"*. L'AFSSA conclut que le maïs de Syngenta doit être testé sur des rats et des animaux d'élevage comme le poulet en croissance.

L'attitude envers les OGM d'une revue scientifique comme *Nature* semble avoir fondamentalement changé en 2001 : jusqu'à cette date, la revue publiait des articles critiques sur l'impact des OGM sur la biodiversité (11, 2) ou sur l'alimentation (37). Après la publication de l'article de Quist et Chapela (2), la politique éditoriale de la revue changea du tout au tout, l'éditeur allant jusqu'à retirer cet article auquel la revue avait donné son imprimatur quelques mois auparavant. Depuis, on chercherait avec difficulté la moindre critique sur les OGM dans les articles de *Nature*. En avril 2002, un article de Associated Press révélait que BIO avait

11, Mennessier Marc. L'AFSSA émet des réserves sur le maïs transgénique Bt 11. Le Figaro, 6 décembre 2003, www.lefigaro.fr

12, Paul Elias. Corn study spurs debate over corporate meddling in academia, Associated Press, 18 avril 2002.

déclenché une campagne de pression sur le journal Nature au sujet de la publication de l'article de Quist et Chapela¹². Selon l'article de Associated Press, *“la publication de l'étude par Nature en septembre a presque immédiatement poussé BIO à l'action. Menés par le groupe de pression, des scientifiques compatissants ont inondé le journal avec la récrimination que la science de l'article était bâclée. Ils ont aussi dénoncé Quist et Chapela comme politiquement orientés”*. Curieusement, cette dénonciation reprend l'argumentation présentée dans les premières attaques de la campagne lancée contre eux sur Internet. De plus, au moment de la rétractation de l'article par Nature, Val Giddings a affirmé au Washington Post : *“nous croyons que Nature s'est trompé en publiant l'article au début, et il semble qu'ils en soient arrivés à la même inévitable conclusion. L'implication des auteurs... n'était pas envers les données et la science mais envers un engagement religieux à un dogme antibiotechnologique”*.

Par cette activité de lobbying intense, les OGM sont présentés comme la solution unique à de nombreux problèmes (environnement, faim, thérapeutique) auxquels dans la réalité, ils n'apportent aucune réponse sérieuse. Sans avoir jamais démontré le bien-fondé d'affirmations (diminution des pesticides, nourrir le monde..) qui, une à une, s'avèrent exagérées voire illusoire, les firmes de biotechnologies voudraient imposer au monde des cultures OGM coûteuses et dont l'innocuité reste à démontrer. L'argumentation des firmes biotechnologiques inonde les médias, sans que n'ait lieu un débat contradictoire sur les potentialités réelles qu'ouvrent les biotechnologies. Elles font pression sur les gouvernements pour que les contraintes soient levées alors même que les risques environnementaux commencent à être connus et que les risques sur la santé demanderaient un examen minutieux. Ainsi, les légitimes inquiétudes de la société civile sont qualifiées d'irrationnelles, le droit du paysan de ressemer sa semence, de privilèges et les arguments des scientifiques dissidents, d'obscurantisme.

En ce qui concerne une pratique rationnelle de la science, le problème principal reste celui de l'anticipation : comment anticiper les risques potentiels de futures cultures OGM, alors que les doutes ne peuvent être levés que par des études très poussées ? La complexité des écosystèmes et des interactions que chaque espèce entretient avec son milieu impose d'étudier un grand nombre de situations écologiques si l'on veut évaluer rationnellement l'impact d'une nouvelle culture OGM. A contrario, si la pression des firmes biotechnologiques ne cesse d'augmenter, c'est parce que les retours sur investissement se font cruellement attendre. Ainsi, pour des raisons essentiellement financières et à cause du moratoire européen, la culture des OGM doit être généralisée dans les pays d'Asie et d'Afrique. Face au monopole des firmes agrobiotechnologiques qui concentrent les secteurs des semences, les secteurs alimentaires et sanitaires, les pays de ces deux continents vont devoir faire face aux risques des cultures transgéniques, alors que les organismes de régulation agricole y sont rares. De plus, le paysan

est un client captif, lié pour tous ses achats à la firme biotechnologique. Les conséquences de la culture d'OGM dans ces pays pourraient être dramatiques en cas de contaminations. Mais, par effet de conséquence, les pays européens sont aussi concernés. Seule une solidarité dans le domaine de la biosécurité peut contrer une telle menace, et une réelle solidarité internationale dans ce domaine implique bien sûr la communauté scientifique internationale.

En conclusion, les plantes transgéniques cultivées actuellement ne présentent pas un intérêt agronomique important, et la culture de variétés tolérantes aux pesticides a pour conséquence une augmentation des quantités de pesticides utilisées. En pratique, le développement d'OGM présentant des caractères d'un réel intérêt agronomique (résistance à la sécheresse ou à la salinité) ne sera possible que dans plusieurs années au mieux, et les cultures OGM actuellement cultivées ne présentent pas les avantages que les firmes biotechnologiques leur attribuent. Aussi, des recherches doivent être menées pour développer des plantes présentant des traits agronomiques avantageux, alors qu'un moratoire sur les variétés tolérantes à un herbicide ou produisant leur propre insecticide doit permettre d'évaluer avec une plus grande rigueur les effets de ces plantes sur l'environnement et la santé.

VI- Bibliographie

- 1 - Dalton, Rex. 2001. Transgenic corn found growing in Mexico. *Nature*, 413 : 337
- 2 - Quist, D. and Chapela, I. H. 2001. Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. *Nature* 414, 541-543
- 3 - Hodgson, John. 2002. Doubts linger over Mexican corn analysis. *Nature Biotechnology*, 20 : 3-4
- 4 - Martinez-Soriano J. P. R., Bailey A. M., Lara-Raynal J. and Leal-Klevezas D. S. Transgenes in Mexican maize. *Nature Biotechnology*, 20 : 19
- 5 - Hodgson, John. 2002. Maize uncertainties create political fallout. *Nature Biotechnology*, 20 : 106-107
- 6 - Metz M. and Futterer J. 2002. Suspect evidence of transgenic contamination. *Nature*, 416 : 600-601
- 7 - Kaplinsky N., Braun D., Lisch D, Hay A., Hake S. and Freeling M. 2002. Maize transgene results in Mexico are artefacts. *Nature*, 416 : 601
- 8 - Quist D. and Chapela I. H. 2002. Quist and Chapela reply. *Nature*, 416 : 602
- 9 - Conflicts around a study of Mexican crops. 27 June 2002. *Nature*, 417 : 897-898
- 10 - The case for a GM-free sustainable world. 2003. Ed. by ISIS & TWN (www.indsp.org)
- 11 - Losey J. E., Rayor L. S. and Carter M. E. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature* 399, 214
- 12 - Hansen L. C. and Obrycki J. J. 2000. Field deposition of Bt transgenic corn pollen : lethal effects on the monarch butterfly. *Oecologia* 125, 241-248
- 13 - Pleasant J. M., Hellmich R. L., Dively G. P., Sears M. K., Stanley-Horn D. E., Mattila H. R., Foster J. E., Clarke T. L. and Jones G. D. 2001. Corn pollen deposition on milkweeds in and near cornfields. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98, 11913-11918
- 14 - Emberlin J. 1999. The dispersal of maize pollen, National Pollen research unit, 2 mars 1999
- 15 - Hellmich R. L., Siegfried B. D., Stanley-Horn D. E., Daniels M. J., Mattila H. R., Spencer T., Bidne K. G. and Lewis L. C. 2001. Monarch larvae sensitivity to *Bacillus thuringiensis*-purified proteins and pollen. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98, 11925-11930
- 16 - Stanley-Horn D. E., Dively G. P., Hellmich R. L., Mattila H. R., Sears M. K., Rose R., Jesse L. C., Losey J. E., Obrycki J. J., Lewis L. C. 2001. Assessing the impact of Cry IAb-expressing corn pollen on monarch butterfly larvae in field studies. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98, 11931-11936
- 17 - Sears M. K., Hellmich R. L., Stanley-Horn D. E., Oberhausen K. S., Pleasant J. M., Mattila H. R., Siegfried B. D., Dively G. P. 2001. Impact of Bt pollen on monarch butterfly populations : a risk assessment. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98, 11937-11942
- 18 - Zangerl A. R., McKenna D., Wraight C. L., Carroll M., Ficarello P., Warner R. and Berenbaum M. R. 2001. Effects of exposure to event 176 *Bacillus thuringiensis* corn pollen on monarch and black swallowtail caterpillars under field conditions. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98, 11908-11912
- 19 - Horton R., Pusztai A. and Ewen S. 1999. Genetically modified foods : "absurd concern" or welcome dialog ? *Lancet* 354 : 9187, 1314-1315
- 20 - Ewen S and Pusztai A. 1999. Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. *The Lancet* 354, 1353-4
- 21 - Christou, P. 2002. No credible scientific evidence is presented to support claims that transgenic DNA was introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca. *Transgenic research*, 11 : iii-v

- 22 - Steinbrecher R.A. 2002. Government and corporate scientific incompetence : failure to assess the safety of GM crops. The example of CaMV35S promoter. *Econexus*, Dec 2002.
- 23 - Burke C., Yu X-B., Marchitelli L., Davis E.A. and Ackermann S. 1990. Transcription Factor IIA of wheat and human function similarly with plant and animal viral promoters. *Nucleic Acid Research* 18(12) : 3611-3620
- 24 - Lewin A., Jacob D., Freytag B. and Appel B. 1998. Gene expression in bacteria directed by plant-specific regulatory sequences. *Transgenic Research* 7, 403-411
- 25 - Makarevitch I., Svitashv S. D. and Somers D.A. 2003. Complete sequence analysis of transgene loci from plants transformed via microprojectile bombardment. *Plant Molecular Biology* 52, 421-432
- 26 - Kohli A., Griffiths S., Palacios N., Twyman R. M., Vain P., Laurie D.A. and Christou P. 1999. Molecular characterization of transforming plasmid rearrangements in transgenic rice reveals a recombination hotspot in the CaMV35S promoter and confirms the predominance of microhomology mediated recombination. *The Plant Journal* 17 (6) : 591-601
- 27 - Serratos J.A., Willcox M. C. and Castillo-Gonzalez F (eds). 1997. Proceedings of the forum : Gene flow among maize landraces, improved maize varieties, and teosinte : implications for transgenic maize. Mexico, D. F. CIMMYT
- 28 - Doebley, J. 1990. Molecular evidence for gene flow among *Zea* species- genes transferred into maize through genetic engineering could be transferred to its wild relatives, the Teosintes. *Bioscience* 40, 443-448
- 29 - Klinger T. and Ellstrand N. C. (1994). Engineered genes in wild population : fitness of wild-crop hybrids of radish (*Raphanus sativus*). *J. Ecol. Appl.* 4, 117-120
- 30 - Ellstrand N. C., Prentice H. C. and Hancock J. F. 1999. Gene flow and introgression from domesticated plants into their wild relatives. 1999. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 30, 539-563
- 31 - Ellstrand N. C. 2001. When transgenes wander, should we worry ? *Plant Physiology* 125, 1543-1545
- 32 - Louette D. 1997. Seed exchange among farmers and gene flow among maize varieties in traditional agricultural systems. In : Gene flow among maize landraces, improved maize varieties, and teosinte : implications for transgenic maize. Editeurs : Serratos J.A., Willcox M. C. and Castillo-Gonzalez F., Mexico, D. F. CIMMYT
- 33 - Hilbeck A., Moar W. J., Pusztai-Carey M., Filippino A. & Bigler F. 1999. Prey-mediated effects of CryIAb toxin and protoxin on the predator *Chrysoperla carnea*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 91, 305-316
- 34 - Birch A. N. E., Geoghegan I. E., Marejus M. E. N., Mc Nicol J.W., Hackett C., Gatehouse A. M. R. and Gatehouse J.A. 1999. Tri-trophic interactions involving pest aphids, predatory 2-spot ladybirds and transgenic potatoes expressing snowdrop lectin for aphid resistance. *Molecular Breeding* 5, 75-85.
- 35 - Monbiot George. 2000. *Captive State: The Corporate Takeover of Britain*, éd MacMillan, London 2000
- 36 - Conseil des Sciences et de la Technologie, Gouvernement de Québec. OGM et alimentation humaine : impact et enjeux pour le Québec. Chapitre 3 : Quelques aspects économiques des OGM, Pp 51-72.
- 37 - Millstone E., Brunner E. and Mayer S. 1999. Beyond substantial equivalence. *Nature* 401, 525-526 (7 octobre 1999)

Mainmise de l'économie sur la science : retour sur les controverses scientifiques relatives aux OGM

Par Lilian Ceballos, Cécile Lambert, Bernard Eddé

Ce dossier fait le point sur les diverses controverses relatives aux OGM depuis 1997. En 1997-1998, Pusztai alerta l'opinion publique en rapportant les effets délétères d'une alimentation constituée de pommes de terre transgéniques sur des lots de rats. En 1999, Losey publia un article dans Nature qui mettait en évidence les effets létaux du maïs Bt sur les larves du papillon monarque.

En 2001 enfin, Chapela révéla la contamination de variétés locales de maïs par des séquences d'ADN transgéniques. Ces trois affaires provoquèrent des réactions identiques : campagne de dénigrement par les lobbies biotechnologiques des auteurs et de leurs travaux, mise à la retraite (Pusztai) ou renvoi (Chapela), absence ou blocage des expérimentations qui permettraient de confirmer ou d'infirmer les résultats décriés relatifs à la sécurité alimentaire ou écologique, implication d'un même centre de recherche (JIC) dans les trois campagnes de dénigrement. Avec ces 7 années de recul, le bilan des cultures d'OGM est faible. La diminution de l'utilisation des pesticides ne se confirme pas dans les faits, ce qui s'explique par le fait que les plantes transgéniques cultivées sont presque exclusivement des variétés tolérantes à un herbicide ou des variétés produisant leur propre insecticide. Ces OGM ne constituent pas un progrès agronomique réel, et les caractères cibles qui constitueraient un vrai progrès agronomique (tolérance à la sécheresse ou à la salinité) restent hors de portée de la transgénèse actuelle.

Un dossier reprenant, de façon synthétique, la controverse liée à la contamination du maïs mexicain a été publié par Inf'OGM, en novembre 2003 (*Inf'OGM n°47*).

**BEDE (Bibliothèque d'Echange de
Documentation et d'Expérience)**

47, place du Millénaire
34000 Montpellier, France.
Fax : +33 (0)4 67 65 45 12
Courriel : bede@bede-asso.org
Site : www.bede-asso.org

Inf'OGM

2B, rue Jules Ferry
93100 Montreuil, France
Fax : +33 (0)1 48 51 95 12
Courriel : infogm@infogm.org
Site www.infogm.org

Achévé d'imprimer en avril 2004

Prix indicatif : à partir de 2 euros