

## **L'alternative du maïs Bt, avancée technologique ou déséquilibres bio-divers ?**

*Serre Doti, L2 Chimie-Biologie,  
Chabert Clément, L1 Biologie,  
Bodin Célia, L1 Biologie,*

### **Abstract**

*Transgenesis has made it possible to introduce a gene into corn which makes it resistant to corn borers, which are extremely destructive. This resistance is due to the synthesis of a toxic protein against the larva of the corn borer but there is no danger for humans and animals. There are studies focusing on the possible emergence of corn borers insensitive to the toxin, on the projected development of this type of corn borer, and on the unexpected effects... But these plants brought into the food chain either for cattle or for humans have created a big controversy with on one hand those in favour of G.M.O and on the other hand those against it, each with valid points to make. This article aims at presenting the essential arguments.*

**Mots Clefs :** OGM, Maïs Bt, Pyrale, zones refuge.

### **1. Introduction**

Au cours de ces trente dernières années, les découvertes scientifiques sur l'information génétique et son support, l'ADN, ont permis le développement du génie génétique et des biotechnologies, avec entre autre de nombreuses études sur les OGM. Un OGM (Organisme Génétiquement Modifié) est un organisme dont le patrimoine génétique a été transformé par la technique de la transgénèse (modification de l'expression de l'un de ses gènes ou addition d'un gène étranger) en intervenant sur une molécule d'ADN (support de l'information héréditaire pour l'ensemble des êtres vivants)[1]. Ces techniques permettent de transférer des gènes sélectionnés d'un organisme à un autre, y compris entre des espèces différentes dans le but de lui conférer des caractéristiques nouvelles.

La transformation génétique peut être effectuée sur de nombreuses espèces végétales, depuis les céréales jusqu'aux légumes ou aux arbres. En tout, ce sont plus de 60 espèces qui peuvent être transformées. Les OGM les plus avancés correspondent surtout à des espèces de grande culture comme le maïs, la betterave et le colza. Les gènes introduits sont très divers mais actuellement ce sont principalement des caractères d'intérêt agronomique qui sont le plus développés.

C'est sur ces organismes à l'information génétique modifiée (OGM) que seront déposés les premiers brevets sur le vivant, dès 1980 aux États-Unis[2], avec l'autorisation du dépôt d'un brevet sur une bactérie. Le système des brevets s'étend alors peu à peu à l'ensemble des organismes vivants (animaux, végétaux, etc...).

Dans cet article, nous nous pencherons plus particulièrement sur la culture du maïs Bt qui fait l'objet d'un grand débat en Europe. En effet, autorisée depuis 1998 dans l'Union Européenne, elle a été interdite en France depuis février 2008, après l'activation de la clause de sauvegarde du nom de la procédure suivie auprès de la Commission européenne. Ce n'est qu'en Espagne qu'elle s'est réellement

implantée : le maïs Bt MON810 y est cultivé sur plusieurs dizaines de milliers d'hectares. Il est en revanche interdit par plusieurs pays européens - l'Allemagne, la Hongrie, le Luxembourg, la Grèce et l'Autriche[3].

Cette nouvelle qualité de maïs a été génétiquement modifiée par l'introduction d'un gène de la bactérie *Bacillus thuringiensis*, qui produit naturellement la protéine Cry 1Ab, une toxine qui a pour cible principale un papillon, la pyrale du maïs et la sésamie[4]. La pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*) est un papillon de la famille des lépidoptères dont les chenilles infestent parfois massivement le maïs en se nourrissant des tiges, des feuilles et des grains[5]. La qualité nutritionnelle du grain peut être aussi dégradée car les galeries creusées par les insectes représentent des portes d'entrée pour les moisissures (champignons appelés fusarium). Ces fusariums synthétisent des mycotoxines qui réduisent la valeur nutritionnelle du grain et sont dangereuses pour les animaux et les consommateurs[6]. En introduisant le gène produit par la bactérie *Bacillus thuringiensis* codant pour la protéine Cry 1Ab (gène Bt) dans le génome du maïs, ce dernier produit de manière autonome cette toxine qui le protège donc contre ses ravageurs.

Un vaste marché est en jeu : celui des semences génétiquement modifiées que certains chercheurs, industriels et sociétés semencières internationales tentent d'imposer contre de nombreux mouvements de citoyens et de politiques qui refusent les OGM en agriculture, accusant cette technologie d'être utilisée dans un but financier, au mépris, non seulement des paysans, mais aussi des consommateurs, de l'environnement, de la santé.

D'où la question sur laquelle se base notre travail : l'introduction de la culture du maïs Bt peut-elle être à la base de nombreux progrès technologiques, capables de répondre à des problèmes environnementaux, écologiques et sociaux-économiques sans créer pour autant d'innombrables déséquilibres bio-divers?

## **2. Méthodologie**

Pour parvenir à un résultat complet sur cette question, nous nous sommes tout d'abord renseignés sur la technique de la transgénèse, grâce à des sites internet fiables et des livres de sciences consultés à la bibliothèque universitaire. Puis nous avons recherché de multiples arguments pro ou contre, dans les trois domaines clés – environnement et sociaux-économiques – et ce sur les documents les plus variés : interviews, livres et articles scientifiques, sites internet des parties prenantes...

L'étude de ces dernières a enrichi notre projet, appuyé par des résultats de recherches officielles de différents organismes plus ou moins indépendants. Nous avons jugé plus opportun de travailler chacun de nous sur l'ensemble des sujets puis de mettre en commun nos travaux, ce qui nous a permis de parfaire cet article.

## **3. Études**

### **3.1. Arguments favorables pour le maïs Bt**

#### *3.1.1. Au niveau économique*

Un des arguments en faveur du développement des variétés transgéniques est de dire que leur emploi irait dans le sens d'une réduction des nuisances environnementales et d'un accroissement de la compétitivité.

En effet, le développement de la culture du maïs Bt, rendu résistant à ses ravageurs pourrait permettre de réduire les traitements chimiques et de diminuer les pertes de production. Cela serait d'un grand intérêt, car les pertes sont considérables et les traitements actuellement utilisés souvent polluants.

L'intérêt d'une réduction des pertes de production serait particulièrement sensible pour ceux des pays en développement qui disposent de peu de terres arables par habitant et par actif agricole : cela permettrait d'accroître la production sans mettre en culture de nouvelles terres, ce qui conduit souvent à la déforestation ou à l'érosion, et par là à une dégradation des ressources naturelles.

Cette amélioration des capacités productives est perçue par certains consommateurs comme inutile, voire nuisible en période de surproduction dans les pays développés comme la France. Mais elle peut aussi y être utilisée pour produire la même quantité avec moins de produits chimiques et ainsi diminuer les coûts de production tout en limitant les pollutions. En ce sens tout dépend de la façon dont on utilise les possibilités des nouvelles technologies.

Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'étude de Graham Brookes & Peter Barfoot[7], l'introduction de cultures transgéniques Bt résistantes aux insectes « contribue à réduire le volume et la fréquence de l'utilisation d'insecticides sur les cultures de maïs, de coton et de soja ». Une autre étude de Labatte J.M.[8] démontre l'efficacité de cette nouvelle technique en

comparant le rendement de différents traitements contre la pyrale du maïs : en fonction de la date d'infestation correspond un pourcentage de mortalité larvaire, qui est largement supérieur pour le maïs Bt (de 93% à 100%) contre seulement 72% à 98% pour les insecticides chimiques. Il en découle donc une diminution de près de 58% du taux de mycotoxines dans le grain, une hausse des rendements de 11,5 quintaux par hectare en cas d'infestations moyennes ou fortes, avec un gain économique net supérieur à 98€ par hectare pour l'agriculteur[9].

Mais l'agriculteur cultivant du maïs Bt n'est pas le seul avantagé... L'article de Hutchison et ses collaborateurs paru dans Science le 8 octobre 2010[10] se basant sur l'exploitation de données de 40 ans d'observations des populations de pyrales sur des cultures de maïs non OGM dans cinq États américains (Illinois, Minnesota, Wisconsin, Iowa et Nebraska), a montré qu'il existait des cycles réguliers de densité de ces populations de pyrales ; puis ils ont observé avec l'introduction du maïs Bt en 1996 un très fort déclin de ces populations de nuisibles directement associée à la commercialisation du maïs Bt.

Dans cette expérience, Hutchison et collaborateurs ont ainsi pu analyser l'impact économique de l'utilisation des semences Bt par les agriculteurs. Non seulement des économies d'insecticides ont été réalisées mais aussi des bénéfices en terme de rendement à la récolte. Mais ce n'est pas tout! Des bénéfices ont été aussi réalisés par les agriculteurs qui achetaient des semences conventionnelles (non Bt). Ces derniers cultivant leurs champs dans le voisinage des maïs Bt ont bénéficié économiquement du déclin des pyrales. A l'échelle régionale, ils sont les plus bénéficiaires, car leurs cultures sont protégées par la proximité des cultures Bt sans avoir à payer le surcoût des semences transgéniques (trois fois plus chères). Or cet insecte nuisible polyphage attaque aussi d'autres cultures : les agriculteurs « biologiques » ou conventionnels bénéficient donc également de la contiguïté des champs de maïs Bt. La réduction des populations de cet insecte nuisible sur les plantes non Bt proches des plantes Bt (appelé effet Halo) était prédite par la théorie mais inattendue dans la réalité en un temps si court.

Une autre étude effectuée par le Centre Commun de Recherche de la Commission européenne[11] menée sur trois ans auprès de 402 agriculteurs espagnols de maïs Bt et rendue publique en juin 2008 montre que la culture du maïs Bt permet un accroissement plus ou moins important de la marge des bénéfices bruts annuels, d'une économie sur les pesticides et d'un rendement plus important par rapport aux agriculteurs de maïs non-OGM.

#### *3.1.2. Au niveau de la société*

En 2007, plus de 22.000 hectares de maïs Bt ont été cultivés en France, ce qui pourrait laisser penser que la

société des agriculteurs français est de plus en plus favorable à la culture de maïs Bt. Pour connaître les raisons d'un tel choix de la part des agriculteurs, l'Association Générale des Producteurs de Maïs a interrogé, avec l'institut Kleffmann[12], des agriculteurs, producteurs et non producteurs de maïs OGM. Ce sondage a été conduit en juillet 2007 auprès de 234 maïsiculteurs d'Aquitaine et de Midi-Pyrénées. Il en ressort que les agriculteurs ont cultivé du maïs OGM Bt principalement pour 4 raisons selon les sondages :

- éviter la verse des pieds de maïs due aux larves de pyrale et de sésamie qui creusent les tiges qui deviennent alors fragiles et cassent dès qu'il y a du vent ;
- maintenir le niveau de rendement, le maïs Bt évitant que les plantes de maïs soient soumises aux attaques des parasites ce qui entraînerait une diminution de récolte de 15% en moyenne ;
- de préserver la qualité sanitaire des récoltes, les galeries creusées dans les tiges par les larves de pyrale et de sésamie étant les portes d'entrée de champignons produisant des mycotoxines qui peuvent poser des problèmes de santé humaine.
- et enfin de favoriser l'équilibre écologique des parcelles, notamment dans les régions infestées par la pyrale et la sésamie, les agriculteurs devant protéger leurs cultures par des traitements insecticides. Ces traitements ne sont plus nécessaires avec les variétés de maïs OGM Bt, et les insectes dits auxiliaires, favorables à l'équilibre écologique des parcelles, se développent dans les cultures de maïs.

Au niveau de la société plus en général, face à une certaine méconnaissance, les européens ont tendance à être plutôt méfiants, cependant ils ne sont pas totalement contre. D'après des sondages effectués par Eurobaromètre[13] de 1991 à 2007, 80% de la population européenne ne se sent pas concernée par l'utilisation des OGM dans l'agriculture. Les anti-OGM restent donc une minorité (34%). L'enquête de 2007 pointe également le manque d'information des européens dont une majorité continue d'être indécise (62%). Il devient alors évident que l'affirmation voulant qu'une majorité d'européens soit contre les OGM est loin de la réalité, comme toujours bien plus complexe que des slogans simplistes. Les européens n'ont pas peur des OGM et accepteraient d'en consommer s'ils étaient plus sains et plus écologiques. Les avantages de certains OGM, en particulier les plantes GM Bt, pourtant unanimement reconnues, semblent méconnues des citoyens.

Les consommateurs-acheteurs en grande majorité (80%) n'évitent pas les OGM quand ils sont présents dans les magasins. L'acceptabilité de l'idée de consommer des OGM augmente pourtant significativement dans tous les pays européens depuis

1999 et 52 % des Français pensent encore qu'il faut permettre la culture encadrée des OGM pour sauvegarder la compétitivité des agriculteurs français[14]. Les grandes firmes s'appuient notamment sur le fait qu'aucun résultat scientifique ne permet de douter de l'intégrité sanitaire de ces nouvelles plantes, ce qui anime la polémique actuelle sur la prise de position de part de la Commission Européenne sur l'interdiction des cultures du maïs Bt MON810 en France depuis 2008. En effet, selon le résultat d'une expertise menée par l'Efsa[15]: *« En termes de risque pour la santé humaine et animale et l'environnement, l'information fournie ne présente pas des preuves scientifiques nouvelles qui rendraient caduques les précédentes évaluations des risques du maïs MON810. [...] Aucune preuve scientifique, en termes de risque pour la santé humaine et animale et l'environnement, n'a été fournie qui puisse justifier l'invocation d'une clause de sauvegarde en vertu de l'article 23 de la directive 2001/18/CE et de mesure d'urgence en vertu de l'article 34 du règlement (CE) n°1829/2003 ».*

### 3.1.3. Au niveau de l'environnement

*« Ce maïs transgénique est beaucoup plus spécifique que ne le sont les pesticides chimiques. Ce procédé de lutte est donc beaucoup plus respectueux de l'entomofaune, et notamment des auxiliaires (insectes qui détruisent eux-mêmes des ravageurs des cultures). »* C'est ce qu'affirme Guy Riba, directeur général délégué de l'INRA (Institut national de la recherche agronomique), et spécialiste des insectes dans une interview dans le numéro spécial maïs de SEMENCES ET PROGRÈS de novembre 2006[16]. On peut donc penser que l'utilisation de maïs Bt permettra le développement d'auxiliaires jusque là tués par les traitements chimiques. De plus la toxine produite par le maïs Bt étant spécifique contre la pyrale du maïs, il n'aurait aucun effet sur la faune existant autour des cultures de maïs transgénique ni sur celle du sol, d'ailleurs aucun rapport affirmant le contraire ne serait paru. Enfin, la toxine Cry1Ab n'est active que sur les insectes. Elle agit sur un mécanisme biologique n'existant pas chez les mammifères et aucune toxicité n'a été mise en évidence, ni pour les animaux domestiques ni pour l'homme[17]. C'est une des raisons importantes de son choix.

La toxine insecticide produite dans la plante est d'autre part protégée des conditions climatiques qui lui sont défavorables, comme la pluie ou les rayonnements ultraviolets.

La grande firme semencière Américaine Monsanto met en avant sa nouvelle technologie qui va aussi à l'encontre de l'environnement en évitant la pollution due à la fabrication et à la distribution de l'insecticide, des emballages, de l'épandage, et à la récupération et au traitement des emballages. Un Ecobilan énergétique comparatif[18] a été mené en prenant en compte un certain nombre de paramètres, et intégrant

« *uniquement les différences d'impacts environnementaux entre les deux maïs (...) au stade de la culture* » Il en découle que pour 1000 hectares, le maïs Bt permet d'éviter de dégager 9425 kg de CO<sub>2</sub>, et 241 kilo joules, essentiellement à cause de la fabrication de l'insecticide, de son transport et de son application au champ[19].

Mais un des risques environnementaux le plus souvent évoqué lors de l'utilisation des plantes transgéniques, est la sélection d'insectes ravageurs résistants à cette toxine, c'est-à-dire l'augmentation, dans une population déterminée, de la fréquence d'allèles de résistance[20]. Parmi les stratégies proposées pour retarder l'apparition de résistance dans les populations d'insectes cibles, celle qui est le plus souvent évoquée est appelée « haute-dose-refuge » (HDR)[21]. Elle propose de coupler des parcelles de plantes Bt, produisant une grande quantité de toxine, avec des parcelles de plantes non transformées, constituant la zone refuge. Les parcelles des deux types doivent être suffisamment proches pour assurer le brassage génétique entre les insectes résistants - qui seraient éventuellement sélectionnés dans les parcelles de cultures Bt - et les insectes sensibles - préservés dans les zones refuges[22]. Cette stratégie repose sur quatre conditions : les allèles de résistance doivent être rares dans les populations avant la mise en place des plantes Bt (moins de 1 pour 500) ; les individus issus des plantes Bt doivent pouvoir se croiser au hasard avec des individus issus des zones refuges ; la résistance doit être récessive ; et la toxine Bt doit être exprimée à forte dose dans les tissus de maïs infestés par le nuisible[23]. Dès leur éclosion, les chenilles sensibles sont donc immédiatement en contact avec la toxine. Elles sont ainsi éliminées avant d'avoir pu provoquer des dégâts, avantage important car les larves vivent à l'intérieur de la plante et sont difficiles à atteindre dans la suite de leur vie larvaire.

L'apparition de pyrales résistantes à la toxine de Bt priverait les agriculteurs d'un moyen de lutte pratique et non polluant. Toutefois, à l'heure actuelle, les préparations bio-pesticides à base de cette bactérie ne sont pas utilisées en maïsiculture et il serait donc possible très facilement de revenir à la lutte actuelle.

Ce risque de sélection n'occasionnerait donc pas de risque majeur pour la protection des autres cultures susceptibles d'être attaquées par la pyrale, qui est contrôlable par plusieurs molécules chimiques. À l'heure actuelle cette protection est assurée par un traitement chimique annuel et concerne 500 000 à 600 000 ha. Mais en fait les dégâts ne sont constants et significatifs que sur 200 000 ha. Les principaux produits utilisés sont des insecticides de la famille des pyrèthrinoides de synthèse, des organo-phosphorés, ou des benzoyl-urées[24].

À l'INRA, une sélection, commencée en 1993 et poursuivie en conditions expérimentales pendant 26 générations, n'a par ailleurs pas permis l'obtention

d'une lignée de pyrale résistante à la toxine de Bt. À chaque génération, mille chenilles ont été traitées dans le but de trouver une résistance. D'autres sélections sont en cours, à partir d'échantillons de plusieurs centaines d'individus prélevés dans des populations naturelles[25].

### **3.2. Arguments défavorables pour le maïs Bt**

#### **3.2.1. Au niveau économique**

Les cultures OGM imposent de nombreux coûts et pas seulement pour les agriculteurs les cultivant. Les incidents dus à la contamination représentent une partie importante des coûts des plantes OGM. Un rapport publié par l'organisation écologiste européenne les Amis de la Terre[26] révèle les coûts réels de la production de cultures OGM. « *L'expérience montre que les cultures génétiquement modifiées ont des impacts socio-économiques substantiels* », indique le rapport de l'ONG, datant de décembre 2010 et intitulé « *Les effets socio-économiques des OGM : des coûts cachés pour la chaîne alimentaire* ». Les données présentées indiquent que les bénéfices économiques attendus de la culture des OGM quels qu'ils soient sont dépassés par les coûts économiques engendrés par la séparation des variétés non OGM de celles génétiquement modifiées. Ils estiment que le surcoût lié à la séparation des semences et des produits OGM des non OGM tout au long de la chaîne de production pourrait être de quarante fois le coût initial. L'organisation écologiste nous dit que le surcoût lié à la culture des OGM est « *dû à des augmentations importantes de l'utilisation d'herbicide, à la traçabilité des contaminations éventuelles et à des coûts en hausse partout dans la chaîne alimentaire* ». Par ailleurs, d'après le rapport, ces coûts liés à la séparation (des lots de semences et des cultures), aux systèmes de traçabilité et de contrôle, retombent en général sur les agriculteurs, qu'ils soient conventionnels ou biologiques. Pour les Amis de la Terre « *C'est injuste, et cela crée des distorsions sur le marché* ». Les sociétés de biotechnologie, les marchands et les autres utilisateurs d'OGM devraient prendre leurs responsabilités pour empêcher les contaminations et permettre ainsi aux productions non transgéniques de se développer sans barrière financière supérieures aux barrières habituelles.

Pour les agriculteurs choisissant de cultiver du maïs Bt le coût peut également s'avérer élevé puisque les OGM sont considérés comme des inventions[27]. L'inventeur dépose un brevet et quiconque veut utiliser cet OGM doit payer une redevance au détenteur du brevet. Pour être sûr de récupérer leur argent, les firmes détentrices des brevets interdisent aux agriculteurs de semer les graines qu'ils peuvent récolter d'une année sur l'autre. Ainsi, chaque année, les agriculteurs doivent racheter la semence à la firme mais également les produits (insecticides complémentaire, etc.) souvent bien plus cher que la normale et qui sont associés à

chaque OGM. D'ailleurs le contrat de Monsanto[28], “*Semer la technologie, moissonner les profits*” que les agriculteurs nord-américains signent lors de l’achat de semence OGM stipule :

- L'interdiction de ressemer les graines produites ;
- L'interdiction de récolter les repousses spontanées ;
- L'obligation d'utiliser les seuls herbicides et insecticides de la même firme semencière ;
- Le devoir d'accorder le droit à Monsanto d'inspecter toutes les terres ensemencées, d'y effectuer des tests et de pouvoir contrôler les lieux de stockage de l'agriculteur ;

Et cette liste est loin d'être exhaustive. Il est clair que ce contrat soustrait toute liberté de pratique et d'indépendance de choix des agriculteurs, puisque celui-ci travaille avec un produit breveté, soumis à des conditions d'utilisation très précises. A terme on peut imaginer une agriculture totalement sous contrôle, avec des paysans réduits au rang de simples exécutants plantant des semences mises au point dans des laboratoires par des multinationales qui imposent leur méthode de culture. Toute ces conditions entraînent de ce fait de nombreuses dépenses pour l'agriculteur, et le tout n'est favorable que pour les firmes chez qui l'agriculteur se retrouve contraint d'acheter.

L'introduction de cultures transgéniques impliquent certaines précautions, parmi lesquelles la définition des modalités de l'étiquetage comme étant le moyen de permettre aux consommateurs de différencier clairement les produits issus d'OGM de ceux qui n'en sont pas. Il y a alors deux hypothèses : La première est l'hypothèse de pertinence selon laquelle la présence ou non d'OGM est l'information pertinente pour le consommateur, celle qu'il recherche en priorité, avant les caractéristiques concernant la conservation, le goût du produit ou le respect de l'environnement, par exemple. La seconde est celle de la gratuité de l'information : les informations fournies aux consommateurs par le moyen de l'étiquetage seraient en quelque sorte sans coût (d'élaboration, de mise en forme, de contrôle, etc.), ou encore ce coût devrait être supporté également par tous les consommateurs, y compris ceux que la distinction entre produits transgéniques et non transgéniques n'intéresse pas. Ces deux hypothèses sont fortement contestables. Cette traçabilité de l'origine est complexe et économiquement très coûteuse dans le secteur agroalimentaire. L'étiquetage des produits issus d'OGM a donc un coût élevé, celui de la traçabilité, qui comprend le coût de l'élaboration des connaissances scientifiques, les coûts d'organisation et ceux de contrôle. Si le coût de la traçabilité est supérieur à l'économie sur les coûts de production permise par l'utilisation des OGM, il y a risque d'annulation de la rente d'innovation, et donc de disparition des produits OGM du marché[29].

### 3.2.2. *Au niveau de la société*

Souvent un argument en faveur de la culture du maïs Bt est celui de la possibilité qu'elle offre à assouvir les besoins nutritifs mondiaux du 21ème siècle. En effet la croissance de la population a pour conséquence directe une augmentation des besoins alimentaires. Mais les problèmes actuels de malnutrition dans le monde ne proviennent pas d'une insuffisance de la production agricole globale, mais d'une part de guerres ou de facteurs d'insécurité, d'autre part de la faiblesse des revenus d'une partie de la population qui ne peut acheter la nourriture disponible. Une amélioration de la situation nutritionnelle supposerait que ceux qui font des cultures vivrières produisent davantage et mieux, et que la situation économique des autres progresse, processus complexes ne dépendant pas en général d'une seule innovation technique[30]...

Les plantes génétiquement modifiées sont désormais largement cultivées en Amérique du Nord, en Amérique du Sud et, dans une moindre mesure, en Asie. En Europe, seules quelques dizaines de milliers d'hectares de maïs Bt ont été semés en Espagne et en France. Les dispositions réglementaires de la Directive 2001/18 ont renforcé l'évaluation a priori des OGM, fixé des règles de traçabilité et d'étiquetage et imposé une bio-vigilance après la mise sur le marché. Par ailleurs, la Commission Européenne a édicté les règles générales qui définissent le cadre de la coexistence entre types d'agriculture : « *permettre à chaque agriculteur de choisir le mode de production qu'il souhaite, qu'il soit biotechnologique, conventionnel ou biologique* ». Des méthodes doivent donc aboutir à informer les consommateurs et les utilisateurs des produits. S'il s'agit d'affirmer l'absence totale de transgène, seule la traçabilité complète depuis la mise en culture jusqu'au produit transformé, en passant par la surveillance des cultures avoisinantes, peut permettre de répondre à cette exigence. Sinon, la réflexion doit être poursuivie sur la définition du seuil de détection. Il convient de définir à partir de quel niveau d'intégrité le transgène doit être considéré comme présent dans le produit à consommer. Ces mesures visent à respecter la liberté des choix de chacun envers les modalités de culture des aliments.

Une des difficultés du débat sur l'étiquetage des produits transgéniques provient de la confusion entre deux questions :

- la question de la protection de la santé des consommateurs, qui concerne la sécurité hygiénique et sanitaire du «mangeur» : l'exigence fondamentale est la préservation de la santé ;
- la question de l'information des consommateurs, qui concerne l'information de l'acheteur dans une économie marchande : l'objectif est la loyauté des transactions et le choix du consommateur en toute connaissance

de cause.

Or, garantir la sécurité des «mangeurs» ou assurer la véracité des informations données aux consommateurs ne suppose pas forcément la mise en œuvre des mêmes mécanismes et des mêmes procédures de contrôle[31]...

D'ailleurs un point important et alarmant lié à l'alimentation à base de maïs transgénique résistant à la pyrale a été examiné. Certains chercheurs Suisses et Français ont dû s'exprimer sur un problème très spécifique[32] : les conséquences de la présence d'un gène de résistance à l'antibiotique ampicilline, gène utilisé comme marqueur dans la phase de production du transgène. On leur demandait un avis sur une question souvent posée concernant l'existence d'un risque de transmission d'un gène intégré dans le génome de la plante vers des bactéries colonisant le tube digestif, notamment celui des bovins consommant le maïs. La crainte était de conférer par exemple à ces bactéries la résistance à l'ampicilline. Les experts chargés de cette étude ont notamment pris en compte la probabilité, extrêmement faible, que cet évènement survienne et le fait que de nombreuses bactéries de cette flore, chez l'animal comme chez l'homme, possédaient déjà le caractère de résistance à l'ampicilline. Ils ont donc considéré que le transfert très improbable de ce caractère à partir des plantes ingérées ne changerait pas la situation sur le plan de la clinique humaine.

En rapport avec le manque d'informations, la majorité de l'opinion publique Européenne estime que les risques d'utilisation d'OGM dans la nourriture ne sont pas acceptables, selon un sondage Eurobaromètre[33] publié le 27 avril dernier à Bruxelles. Seuls 31% des Européens encouragent l'introduction des OGM dans la nourriture. Des réticences similaires sont perceptibles en matière de clonage animal et humain. Même les pays du sud de l'Europe, longtemps bien plus favorables aux aliments transgéniques que leurs voisins du nord sont devenus entre 1996 et 2000 considérablement plus méfiants. En Espagne, les partisans des OGM sont par exemple passés de 53% à 35%. L'Allemagne garde son hostilité de fond avec 52% d'opposants. C'est la Grande-Bretagne qui opère le revirement le plus spectaculaire avec seulement 25% de partisans et près de 33% d'indécis. Parmi eux, les artisans et commerçants, ainsi que les agriculteurs se détachent tout au long de l'enquête. Ils sont plus nombreux que la moyenne à considérer que la qualité alimentaire globale s'est améliorée (57 % et 60 % contre 48 % pour l'ensemble des sondés), mais les artisans et commerçants sont également beaucoup plus inquiets que la moyenne (82 % contre 73 %). Ce groupe considère aussi plus fortement que le contrôle des OGM est impossible (78 % contre 65 %). Ce sont eux encore qui se détachent quand ils affirment qu'ils vérifieront systématiquement la composition des produits alimentaires à l'avenir (71 % contre 63 % pour l'ensemble) et qu'ils ne consommeront plus de produits contenant des OGM

(69 % contre 59 %). Ces professions, qui peuvent être concernées par les OGM dans leur métier, ont une position à la fois rationnelle et réaliste: ils reconnaissent l'amélioration globale de l'alimentation sans se laisser envahir par la peur, mais l'arrivée des OGM les inquiète aussi, comme s'ils étaient conscients des interrogations réelles que soulèvent ces produits. De plus les agriculteurs qui demeurent encore et toujours le premier maillon de la chaîne alimentaire, refusent une technologie qui n'apporte aucun avantage démontré, mais qui les place sous le joug des grandes firmes agro-chimiques et semencières, comme c'est déjà le cas aux Etats-Unis au Canada et en Argentine[34]. « *L'opinion européenne est effectivement très hostile aux OGM. A ce point hostile qu'une large majorité des européens interrogés se disent prêts à boycotter des produits contenant des OGM. Et la question qui se pose aujourd'hui est de savoir si ce boycott peut devenir une réalité.* » avoue Bernard Girard, Docteur en philosophie, lors d'un interview, les Français étant les plus hostiles.

### 3.2.3. *Au niveau de l'environnement*

« *Les organisations de défense de l'environnement et des chercheurs du domaine public ont démontré à plusieurs reprises les risques écologiques irréversibles liés à la propagation non maîtrisée de gènes, notamment les atteintes à une biodiversité déjà passablement malmenée.* » C'est ce qu'affirme la confédération paysanne dans son argumentaire contre les OGM[35].

En effet, les deux problèmes majeurs auxquels s'exposent les pays cultivant du maïs transgénique sont le risque de contamination génétique de parcelle à parcelle et le risque d'apparition de pyrales résistantes à la protéine Cry 1Ab. C'est ce que nous allons voir :

- Risque de contamination génétique :

Un grand débat sur la possibilité de la coexistence des cultures Bt et non Bt peut trouver une réponse grâce au résultat de l'étude du projet européen SIGMEA[36]. Il permet en effet de répondre aux questions « que se passerait-il, en terme de dispersion de gènes, si on introduisait tel OGM dans telle région européenne ? » et « comment organiser les cultures pour maintenir dans les limites des seuils légaux la présence fortuite d'OGM dans les cultures conventionnelles ? ». Pour le maïs, dans certaines situations, il peut suffire d'organiser la récolte séparément (à condition d'un accord entre agriculteurs) pour satisfaire des seuils inférieurs au seuil réglementaire de 0,9%. Sinon, des mesures comme des décalages de semis ou des distances d'isolement sont efficaces mais elles ne sont pas toujours faciles à appliquer. En cas de très grande densité de maïs, la séparation géographique entre cultures OGM et cultures conventionnelles est la solution raisonnable. Enfin, pour les filières telles que l'agriculture biologique qui revendiquent une absence totale d'OGM dans leurs productions, la coexistence à

l'échelle locale est en revanche techniquement impossible dans la plupart des cas.

Afin de rendre ces acquis directement accessibles aux utilisateurs potentiels (agriculteurs, collectivités territoriales, prescripteurs...), un prototype de système d'aide à la décision a été proposé[37]. Il préfigure une série d'outils d'aide à la gestion de la coexistence qui seront développés sur la base des travaux menés dans le cadre de SIGMEA et en particulier par l'INRA.

Ainsi, sans préjuger des décisions politiques, notamment des seuils fixés, ces résultats donnent les moyens de connaître, pour tout scénario d'introduction, les probabilités de dispersion des gènes, les moyens à mettre en œuvre pour les minimiser : ils éclairent, ainsi, la prise de décision. Dans tous les cas, des distances d'isolement devront être définies en fonction de la capacité à se croiser des espèces et variétés, et des distances de transport du pollen, pour éviter que les cultures non transgéniques soient fécondées par les cultures transgéniques. La confédération paysanne de son côté continue à croire comme illusoire l'idée de pouvoir mettre en place une double filière en se basant sur le fait que celle-ci impliquerait une ségrégation stricte et une imperméabilité absolue entre les deux types de produits (analyses et contrôles nombreux à tous les échelons), qui ne seraient jamais totalement garanties et occasionneraient des surcoûts absolument prohibitifs. Cette prise d'opinion est confirmée par un autre rapport intitulé « gone to seed » de l'*Union of Concerned Scientists*[38], selon lequel il serait impossible d'éviter des croisements entre des cultures OGM et des cultures non OGM contrairement à ce qu'affirment les sociétés biotechnologiques qui fabriquent les OGM. Selon les experts qui ont participé à l'élaboration de cette étude, plus des deux tiers des 36 types de cultures qui poussent en Amérique seraient contaminés par des gènes provenant de cultures OGM. Bien que cette propagation soit faible, elle reste tout de même inquiétante. Les scientifiques affirment que si les pratiques agricoles ne deviennent pas plus restrictives, il serait impossible par la suite de garantir une alimentation sans trace d'OGM.

- Apparition de résistances :

Comme pour les insecticides chimiques, l'effet des maïs Bt n'est dû qu'à une seule molécule, cependant les risques de sélection de populations de pyrale résistantes à Bt sont en principe plus élevés que dans le cas des insecticides chimiques, car tous les insectes qui ont consommé du maïs transgénique ont été en contact avec la toxine. La probabilité et la vitesse de sélection d'insectes résistants dépendent :

- du nombre de générations ;
- de la concentration de la toxine dans la plante ;
- de la fréquence initiale et de la «force» des éventuels gènes de résistance dans les différentes populations de pyrale ;
- de la fréquence des accouplements des survivants d'un champ transgénique avec les

papillons issus des champs voisins non transgéniques ;

- du coût biologique d'acquisition de la résistance (femelles moins fécondes, développement plus lent...)[39].

La mise en place d'une stratégie haute dose-refuge (HDR) dont nous avons parlé précédemment nécessite un certain rapprochement entre les deux types de parcelles afin de pouvoir assurer le brassage génétique entre les insectes résistants. Bien entendu, ce brassage dépend aussi des capacités de dispersion des insectes et de l'ordre chronologique dans lequel se déroulent l'accouplement et la dispersion. Des chercheurs de l'INRA et d'un laboratoire CNRS-Université Toulouse III[40] ont montré que les mâles et les femelles sont capables de se disperser sur plusieurs centaines de mètres, justifiant la distance maximale de 800 mètres entre les parcelles de maïs Bt et les zones refuges. Ils ont également observé leur comportement dans une configuration spatiale identique à celle mise en place dans la stratégie HDR en relâchant et capturant des papillons dans des champs de maïs conventionnel français en 2004 et 2005. Il s'agissait de pyrales du maïs ne présentant pas de résistance aux toxines produites par les maïs Bt, aucune n'ayant été observée à ce jour. Il en a été conclu que les mâles immigrants venus d'autres parcelles ont autant de chances de féconder une femelle vierge avant qu'elle ne se disperse que les mâles résidents issus de la même parcelle que cette femelle. Cette observation valide - tout au moins pour les mâles - l'une des hypothèses de la stratégie HDR, puisque l'accouplement au hasard favorise le brassage génétique chez les papillons. Ces mêmes chercheurs ont étudié l'accouplement et la dispersion des pyrales. Ils montrent que certaines s'accouplent avant la dispersion, à une échelle très locale. Le brassage génétique est alors plus restreint qu'attendu, car une part importante des pyrales nouvellement écloses s'accouple à une échelle très locale, dans le champ même ou les bordures des champs dans lesquels elles émergent, avant de s'envoler. Les résultats de cette étude indiquent que dans la stratégie HDR - telle qu'elle est mise en place à l'heure actuelle aux États-Unis - le brassage génétique risquerait d'être plus restreint qu'on ne l'imaginait jusqu'à présent. Ceci pourrait réduire l'efficacité de la stratégie HDR, tout au moins dans certaines configurations de rotation des cultures[41].

#### **4. Avis personnel**

A l'issue de notre étude, il nous semble important de faire entrevoir notre avis personnel relatif à la question de recherche. Nous considérons comme insuffisant le temps écoulé depuis les premiers contrôles effectués sur le maïs Bt. C'est pour cela que nous estimons opportun d'appliquer le « principe de précaution », qui vise à rester prudent vis à vis de cette nouvelle

technologie et ainsi à prévenir les risques hypothétiques de dommages graves qui pourraient en découler. Grand nombre des opposants aux OGM mettent ce principe en avant, car, comme nous, ils ont conscience que les risques évoqués pourraient se vérifier à plus ou moins long terme et que les conséquences pourraient être dommageables. Celles-ci seraient d'autant plus évidentes selon l'abondance et l'expansion des cultures transgéniques. Nous estimons comme primordiaux le maintien de l'équilibre écologique et la préservation de la santé humaine par rapport à l'aspect économique qui reste d'ailleurs encore discutable à ce jour au vu des études controversées que nous avons trouvées à ce sujet.

Il existe aujourd'hui diverses méthodes pour lutter contre les ravageurs des cultures, comme la lutte biologique qui nous semble la plus respectueuse et intéressante des techniques. Il s'agit d'introduire, dans les milieux où vivent ces agresseurs, leurs ennemis, appelés auxiliaires. Une nouvelle méthode serait celle de la confusion sexuelle, qui consiste à diffuser à l'intérieur de la parcelle des hormones femelles produites par synthèse, ce qui viserait à diminuer le nombre d'accouplements jusqu'à bloquer le cycle biologique du ravageur avant la phase larvaire, nuisible aux cultures. Il serait donc important et intéressant de comparer les diverses méthodes sur un intervalle de temps assez long pour pouvoir en déduire les résultats obtenus dans les domaines économique et environnemental.

## 5. Conclusion

Il est encore trop tôt pour pouvoir affirmer que l'alternative du maïs Bt représente une avancée technologique sans risque absolu, mais il est en revanche impossible à ce jour et à ce stade des recherches d'imputer à cette nouvelle technologie des menaces sur d'éventuels déséquilibres bio-divers. En effet, toutes les études que nous avons traitées dans cet article démontrent bien qu'aucune conséquence écologique n'a encore été observée. La mise en culture du maïs Bt semblerait donc totalement favorable d'un point de vue environnemental. Les avancées technologiques du génie génétique restent tout à fait remarquables : on peut y voir une voie d'évolution qui baserait l'agriculture davantage sur les processus du vivant et moins sur les produits chimiques. Sous l'aspect économique, il est plus difficile de faire la part des choses : les grandes firmes semencières sont toujours avantagées et se servent de ce facteur économique pour attirer les agriculteurs, qui, à la fin, pourraient rencontrer des difficultés dans l'organisation imposée de leur culture.

## 6. Références bibliographiques

- [1] Livre scientifique, Raven, Johnson, Losos, Singer, Sciences du vivant, 2010, Partie 3 ; Chapitre 16 ; pages 333 à 340.
- [2] « Brevets sur les semences, paysans sous dépendance », Partie 4, dossier pédagogique, Les Amis de la Terre.
- [3] Site de Greenpeace OGM
- [4] « OGM et Environnement » dossier de l'INRA, mai 1998.
- [5] « Pyrale du maïs », Site de Futura Sciences
- [6] « Les mycotoxines dans l'agriculture », Site Le Champ de la Terre
- [7] Graham Brookes & Peter Barfoot (GM crops: global socio-economic and environmental impacts 1996-2007) page 45
- [8] Labatte J.M., Meusnier, S., Migeon, A., Chaufaux J., Couteaudier, Y., Riba, G., and Got, B. 1996. Field evaluation of and modeling the impact of three control methods on the larval dynamics of *Ostrinia nubilalis* (Lep.: Pyralidae). *J. Econ. Entomol.* 89 : 4, 852-862 (Revue scientifique à comités de lecture)
- [9] Étude menée par Orama, sur des cultures de maïs YieldGard en France sur plus de 5000 hectares en 2006 et 22000 hectares en 2007.
- [10] Hutchison W. D. et collaborateurs, « Areawide Suppression of European Corn Borer with Bt Maize Reaps Savings to Non-Bt Maize Growers » *Science*, 8 October 2010, Vol. 330. no. 6001: 222-225.
- [11] « Culture du maïs Bt en Europe : Impact économique positif », D.E.B.A
- [12] AGPM - Étude OGM - Septembre 2007 / 2
- [13] « Spécial Eurobarometer 341 / Wave 73.1 – *TNS Opinion & Social* », étude réalisée par TNS Opinion & Social à la demande de la Direction Générale de la Recherche coordonnée par la Direction Générale Communication.
- [14] « Les européens sont-ils vraiment contre les OGM ? » site de *ogms.be*, basé sur les rapports d'Eurobaromètre.
- [15] Réévaluation de l'ensemble des documents fournis dans le cadre de la justification de la clause de sauvegarde et de sa durée effectuée par le groupe OGM de l'Efsa (autorité européenne de sécurité alimentaire) sur demande de Bruxelles.
- [16] Interview de Guy Riba, n°spécial maïs de SEMENCES ET PROGRÈS - novembre 2006
- [17] Résultat du rapport de l'AFSSA (Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments), publié dans *Le Figaro*, 12 février 2009 (magazine)
- [18] Selon la norme ISO 14040, étude sur le maïs YieldGard par rapport au maïs conventionnel
- [19] Analyse de cycle de vie, normes internationales ISO 14040, 14041, DIS14002, DIS14043. Les indicateurs d'impact étudiés sont l'épuisement des

ressources naturelles non renouvelables, l'énergie primaire totale, l'acidification atmosphérique, et l'effet de serre.

[20] Wolfenbarger & Phifer, 2000, publié dans la revue scientifique *Science* 15 December 2000: Vol.290 no.5499 pp.2088-2093 DOI: 10.1126/science.290.5499.2088

[21] Alstad & Andow, 1995 Managing the evolution of insect resistance to transgenic plants. *Science* (revue scientifique), 268, 1894-1896.

[22] Dalecky A, Ponsard S, Bailey RI, et al. (2006) « Resistance evolution to Bt crops: Predispersal mating of European corn borers ». *PLoS Biol* 4(6): e181. (journal publié par la Public Library of Science)

[23] Carpenter et al. 2002 ; James, C. 2003. « Global Review of Commercialized Transgenic Crops: 2002 Feature: Bt Maize ». ISAAA Briefs No.29. ISAAA: Ithaca, NY. (International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications)

[24] « [Le maïs transgénique résistant à la pyrale favorise-t-il l'apparition de résistances chez les insectes ?](#) », Étude de l'INRA

[25] Étude menée par Guy Riba et Josette Chaufaux, directeur et chercheurs à l'INRA.

[26] « Les effets socio-économiques des OGM : des coûts cachés pour la chaîne alimentaire », *Les Amis de la Terre*

[27] « [OGM et agriculture](#) », panneau thématique, Adventice-Gariste Gaténé

[28] « Semer la technologie, moissonner les profits », Monsanto

[29] Débats de l'Agro, par Egizio Valceschini de l'institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement [http://www.agroparistech.fr/etudiants/debats/article.php3?id\\_article=16](http://www.agroparistech.fr/etudiants/debats/article.php3?id_article=16)

[30] [Le Courrier de l'environnement n°34, juillet](#)

[1998](#), par Sylvie Bonny

[31] Egizio Valceschini pour l'INRA.

[32] Antibiotic-resistant soil bacteria in transgenic plant fields, *PNAS*, 11 Mars 2008, vol.105, no.10 pages 3957-3962

[33] Eurobaromètre 52.1 « Les Européens et la biotechnologie » rapport rédigé par INRA – E.C.O.S.A.

[34] Confédération paysanne.

[35]

[http://www.confederationpaysanne.fr/page\\_436.php](http://www.confederationpaysanne.fr/page_436.php)

[36] SIGMEA « Sustainable Introduction of Genetically Modified Crops into European Agriculture », dont l'INRA assure la coordination scientifique, a présenté ses principaux résultats sur la coexistence entre cultures OGM et non-OGM lors de la conférence GMCC07

[http://www.academieagriculture.fr/mediatheque/seances/2009/20090114presentation2\\_integral.pdf](http://www.academieagriculture.fr/mediatheque/seances/2009/20090114presentation2_integral.pdf)

[37] <http://sigmea.group.shef.ac.uk/>

[38] « [Gone to Seed](#) », l'Union of Concerned Scientist

[39] publication de l'étude de Guy Riba et Josette Chaufaux et extrait du dossier publié par l'INRA en mai 1998.

[40] Ces résultats sont publiés dans le journal "PLoS Biology" du 30 mai 2006. Étude menée par l'INRA-CNRS et publiée dans un communiqué de presse du 30/05/2006

[41] Dalecky A, Ponsard S, Bailey RI, Pélissier C, Bourguet D (2006) Resistance evolution to Bt crops: Predispersal mating of European corn borers. *PLoS Biol* 4(6): e181. DOI: 10.1371