

# 14 Les organismes génétiquement modifiés

## *Les événements marquants*

**30 juin 1998** : remise à l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques du rapport réalisé par Jean-Yves Le Déaut et Henri Revol sur l'utilisation des OGM dans l'agriculture et l'alimentation, à la suite de la conférence des citoyens.

**3 août 1998** : dans la logique des demandes effectuées en 1996 et des décisions favorables de la Commission européenne, le gouvernement français autorise la mise sur le marché de deux nouvelles lignées de maïs transgénique : le TER 25 d'Agrevo France et le MON 810 de Monsanto.

**16 novembre 1998** : adoption de deux arrêtés ministériels suspendant, pour une période de deux ans, la mise sur le marché de deux variétés de colza transgénique suite à la décision du gouvernement du 30 juillet 1998.

**14-24 février 1999** : réunion du groupe de travail sur la biosécurité à Carthagène (Colombie) dans le cadre de la convention sur la biodiversité de 1992. Ces travaux, qui visaient à établir un protocole sur la biosécurité, se terminent par un échec.

**24 juin 1999** : adoption, lors du Conseil Environnement de l'Union européenne, d'un moratoire sus-

pendant toute nouvelle autorisation de mise sur le marché d'OGM, dans l'attente de la révision de la directive 90/220/CEE.

**4 octobre 1999** : le groupe américain de biotechnologie Monsanto renonce à commercialiser des semences porteuses d'un gène\* appelé « Terminator » rendant les plantes stériles.

**29 janvier 2000** : adoption du protocole de Carthagène sur la biosécurité visant à protéger la biodiversité des risques potentiels des OGM.

**3 avril 2000** : découverte par la société Adventa Seeds que des semences conventionnelles de colza, cultivées en 1998 au Canada et exportées en 1999 et en 2000 vers la France, la Grande-Bretagne, l'Allemagne et la Suède, étaient mélangées avec des semences transgéniques. La société en informe les gouvernements de ces quatre pays.

**18 mai 2000** : l'information sur les semences conventionnelles de colza contaminées d'OGM est rendue publique en France, vingt-quatre heures après le Royaume-Uni. La semaine suivante, le gouvernement décide de procéder à la destruction des 600 ha cultivés avec ce colza.

**21 juin 2000** : découverte par la direction générale de la Concur-

rence, de la Consommation et de la Répression des fraudes (DGCCRF) de la présence d'OGM dans des semences conventionnelles de maïs importées des États-Unis et revenues dans vingt-trois départements du Sud-Ouest.

**14 juillet 2000** : la secrétaire d'État à la Consommation annonce que le Gouvernement ne procédera pas à la destruction des plants de maïs contaminés par les semences transgéniques.

**23 novembre 2000** : annonce de la décision de la société Novartis Seeds de ne pas commercialiser en France ses variétés de maïs transgéniques, au motif que les conditions du marché ne sont pas réunies.

**1er mars 2001** : condamnation, par le tribunal administratif de Paris, du ministre chargé de l'Agriculture pour ne pas avoir rendu publique la localisation des essais de cultures d'OGM en 2000, suite à un recours introduit par l'association France Nature Environnement. Le tribunal enjoint l'État de communiquer la liste des essais.

**17 avril 2001** : journée mondiale anti-OGM. Adoption de la directive 2001/18/CE du 12 mars 2001 sur la dissémination volontaire d'OGM.

**V**oilà environ cinquante ans, James Watson et Francis Crick publiaient dans la revue *Nature* un article consacré à la structure en double hélice de l'acide désoxyribonucléique (ADN\*). Allait suivre, au début des années soixante-dix, l'identification des enzymes susceptibles de reconnaître une séquence d'ADN et de couper la molécule à l'endroit correspondant. La voie du génie génétique était ouverte.

En 1972, Paul Berg réalisait la première construction génétique, en associant l'ADN d'un virus de singe et un fragment de plasmide\* bactérien. L'utilisation de telles techniques a rapidement entraîné de vastes débats, dans la sphère scientifique, puis dans l'opinion publique et chez les décideurs politiques.

Aux États-Unis, l'opinion publique a d'abord accepté sans difficulté la commercialisation des organismes génétiquement modifiés (OGM). En revanche, la réaction des Européens vis-à-vis de ces nouveaux produits a été très réservée. Ainsi, en 1992, avant même la découverte de la possible transmission à l'espèce humaine des maladies à prions, 69 % d'entre eux se disaient « assez ou très inquiets » des risques pour l'environnement liés au développement des biotechnologies dans leur propre pays.

En France, le débat public s'est amplifié en 1996, lorsque le soja transgénique produit par la société Monsanto a été importé des États-Unis, et surtout lorsque s'est posée la question de l'autorisation de mise en culture d'un maïs transgénique produit par la société Novartis, devenue depuis Syngenta. L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) a organisé des auditions publiques d'experts, ouvertes à la presse les 27 et 28 mai 1998.

Il a aussi mis en place, pour la première fois en France, une « conférence des citoyens » : quatorze « candides » ont participé à des journées d'information sur les bénéfices et risques des organismes génétiquement modifiés, avant de se réunir les 20 et 21 juin 1998 pour en débattre et remettre leurs conclusions.

À la même époque, 200 000 citoyens, à l'initiative des associations écologistes et de certains syndicats d'agriculteurs, ont signé une pétition nationale demandant un moratoire sur l'utilisation commerciale des OGM en agriculture.

Cette forte divergence apparente de l'opinion publique de part et d'autre de l'océan Atlantique, montre bien que la perception des risques et des bénéfices induits par la transgénèse appliquée à l'agriculture peut être notablement différente, selon les formes de l'agriculture, la sensibilité des consommateurs et l'expérience déjà acquise dans les différents pays. En particulier, les États-Unis ayant connu un fort développement des cultures d'OGM, il est particulièrement intéressant d'en appréhender les causes et les conséquences.

## Les différents types d'OGM et leurs enjeux socio-économiques

### Les potentialités des OGM et leurs modes d'obtention

Est couramment appelé « organisme génétiquement modifié » (OGM) un organisme dont le matériel génétique a été modifié par une technique autre que la multiplication ou la recombinaison naturelle.

Les propriétés recherchées lors de la mise au point d'un organisme génétiquement modifié couvrent un horizon très vaste.

#### *Quelques applications des OGM*

Citons rapidement les premières applications suivantes, dont certaines font déjà l'objet de commercialisation alors que d'autres ne sont qu'au stade de l'expérimentation :

- la production de médicaments, par des bactéries, plantes ou animaux (exemple de la production d'insuline ou d'hormone de croissance) ;
- la production de nourriture à plus haute valeur pour l'homme (fruits et légumes enrichis en vitamine C et E, riz à haute teneur en protéines ou en précurseur de la vitamine A) ;
- la production de plantes susceptibles de fixer les métaux en grande quantité, et donc de remettre en état des sols pollués ;

- la production de coton directement coloré, évitant l'utilisation par la suite de colorant synthétique ;
- la mise au point de variétés de plantes résistantes à des virus et autres parasites ou de plantes tolérantes à certains herbicides à large spectre d'action ;
- la mise au point d'arbres produisant moins de lignine et plus de cellulose, rendant la fabrication de pâte à papier plus facile et moins polluante ;
- la fabrication de plastiques biodégradables par les plantes ;
- la recherche de plantes tolérantes à des conditions d'environnement difficiles (sécheresse, gel, salinité) ;
- la recherche de produits à meilleure conservation (fruits à mûrissement retardé).

Le cas des plantes génétiquement modifiées (PGM) sera plus particulièrement traité dans ce chapitre, car elles font actuellement l'objet d'un vif débat autour des risques que leur culture pourrait faire peser sur l'environnement.

### La création d'une plante transgénique

Elle s'opère par l'introduction d'un ou de plusieurs gènes dans le patrimoine génétique de la cellule végétale à l'origine de la nouvelle plante. La construction génétique est d'abord introduite dans le plasmide d'une bactérie (généralement un colibacille) pour la manipuler, la multiplier et ainsi disposer des grandes quantités nécessaires aux opérations suivantes [voir ill.01, double page suivante].

Un gène de résistance à un antibiotique est introduit dans ce plasmide et l'antibiotique est ajouté au milieu de culture, ceci afin de sélectionner dans la culture des bactéries celles qui conservent leur plasmide. Les plasmides ainsi obtenus sont placés sur des microbilles métalliques qui sont bombardées sur les cellules végétales ou, le plus souvent, introduits dans la bactérie *Agrobacterium tumefaciens* qui infecte naturellement les cellules végétales et leur transmet une partie de son ADN plasmidique. Le caractère pathogène d'*Agrobacterium tumefaciens* a au préalable été enlevé par suppression des gènes correspondants.

Depuis quelques années, il est techniquement possible d'éviter d'introduire dans la plante l'ADN correspondant au gène de résistance ou d'utiliser des gènes de sélection liés à d'autres substances que des antibiotiques. Enfin, de nouveaux raffinements techniques permettent de cibler l'expression

du transgène dans un type cellulaire précis, ou encore d'en rendre l'expression conditionnelle (sous le contrôle d'un agent chimique). Ces développements techniques pourraient constituer des progrès pour les entreprises productrices d'OGM, puisque les semences sont vendues avec les produits qui sont brevetés. En outre, de cette façon, le gène d'intérêt ne s'exprime pas « naturellement » et ne peut pas conférer un avantage à une plante adventice\* susceptible de s'hybrider avec une PGM.

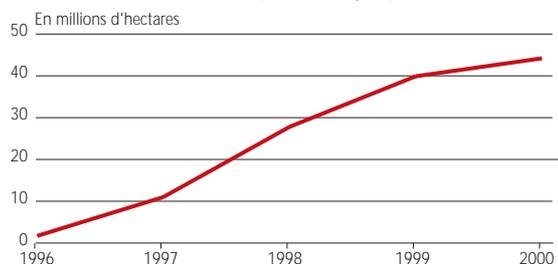
### Plus de quarante millions d'hectares déjà semés en OGM dans le monde

Dans le monde, 44,2 millions d'hectares ont fait l'objet de cultures de plantes transgéniques en l'an 2000, environ l'équivalent des surfaces agricoles et boisées françaises [1].

La progression des superficies a été extrêmement rapide de 1996 à 1999 mais s'est ralentie entre 1999 et 2000 [ill.02]. Le continent américain concentre la quasi-totalité des cultures de PGM, et plus particulièrement les États-Unis, qui comptent 70 % des surfaces cultivées au monde [ill.03 et 04].

#### Les plantes transgéniques dans le monde

Évolution des surfaces cultivées en plantes transgéniques dans le monde.

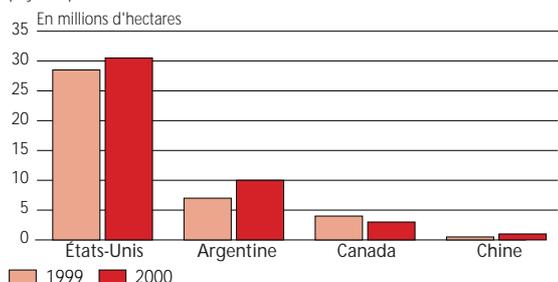


Source : International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), Clive James, 2000.

14.02

#### Les surfaces cultivées en plantes transgéniques

Surfaces cultivées en plantes transgéniques dans les principaux pays de production.



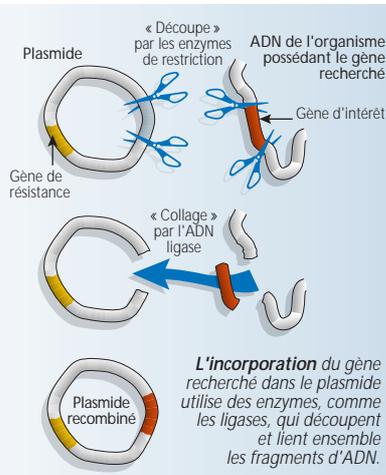
Source : ISAAA, Clive James, 2000.

14.03

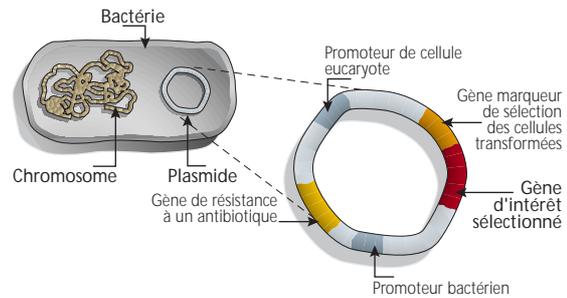
1 - Source : International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA)

## La construction d'une plante génétiquement modifiée : la transgénèse

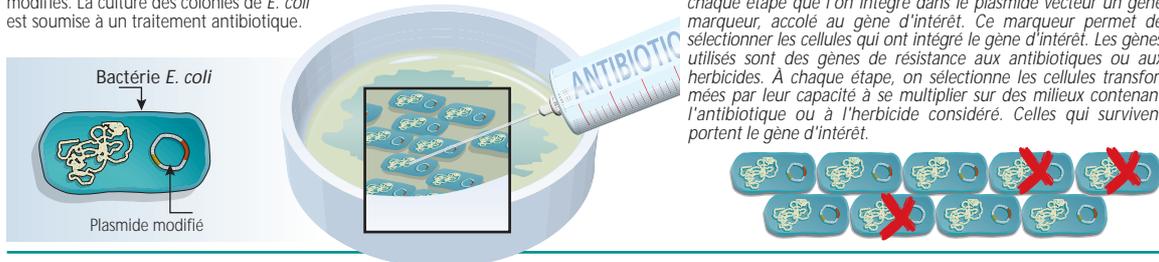
**La première étape**, après avoir isolé le gène d'intérêt, consiste à l'intégrer dans des plasmides. C'est généralement la bactérie *Escherichia coli* qui est utilisée.



La **transgénèse** permet d'introduire dans des plantes de nouveaux gènes ayant des caractères intéressants : résistance à certains parasites, à un herbicide, etc. Une fois intégrés dans le génome de la plante, les transgènes sont transmis à la descendance au même titre que tous les autres gènes. Les gènes portant le caractère que l'on veut transmettre, dits **gènes d'intérêt**, ont différentes origines (plantes, bactéries...).



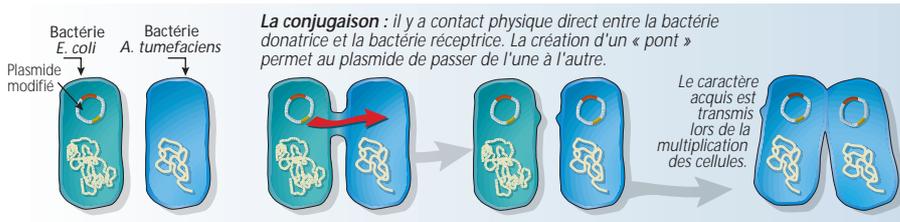
**La deuxième étape** consiste à produire de grandes quantités de plasmides modifiés. La culture des colonies de *E. coli* est soumise à un traitement antibiotique.



**Le gène marqueur** : c'est pour vérifier le succès de l'opération à chaque étape que l'on intègre dans le plasmide vecteur un gène marqueur, accolé au gène d'intérêt. Ce marqueur permet de sélectionner les cellules qui ont intégré le gène d'intérêt. Les gènes utilisés sont des gènes de résistance aux antibiotiques ou aux herbicides. À chaque étape, on sélectionne les cellules transformées par leur capacité à se multiplier sur des milieux contenant l'antibiotique ou à l'herbicide considéré. Celles qui survivent portent le gène d'intérêt.

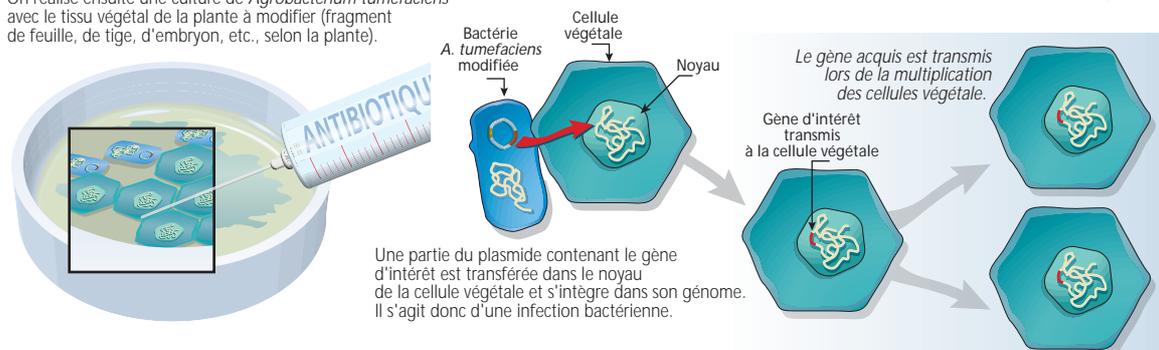
**La troisième étape** consiste à introduire le gène d'intérêt dans la cellule végétale que l'on veut modifier. Deux techniques principales sont utilisées.

**L'infection bactérienne** : c'est la technique la plus répandue. Elle utilise comme intermédiaire une autre bactérie, *Agrobacterium tumefaciens*, qui présente naturellement une capacité à introduire des fragments d'ADN dans le génome des plantes. Dans un premier temps, le plasmide est transféré de *E. coli* à *A. tumefaciens*, généralement par conjugaison.



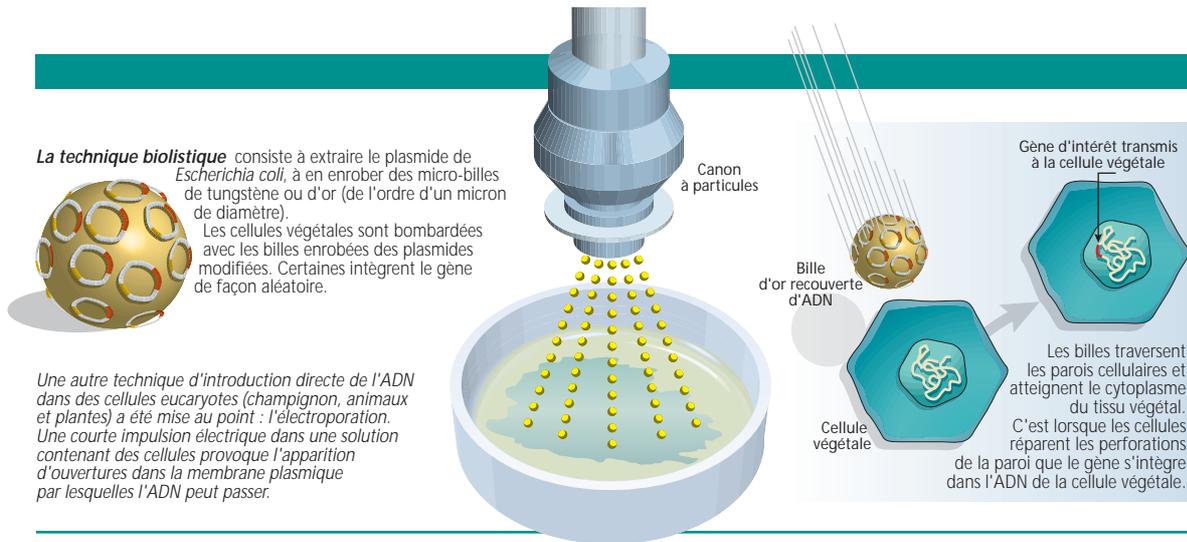
**Agrobacterium tumefaciens** : bactérie du sol responsable chez un grand nombre de plantes de la galle du collet, sorte de tumeur végétale qui se forme à la base des tiges. Les gènes responsables de la maladie sont portés par un plasmide et sont transférés de la bactérie vers la cellule végétale. Ce processus « naturel » est utilisé en remplaçant les gènes qui provoquent la galle du collet par les gènes que l'on souhaite transférer aux plantes.

On réalise ensuite une culture de *Agrobacterium tumefaciens* avec le tissu végétal de la plante à modifier (fragment de feuille, de tige, d'embryon, etc., selon la plante).

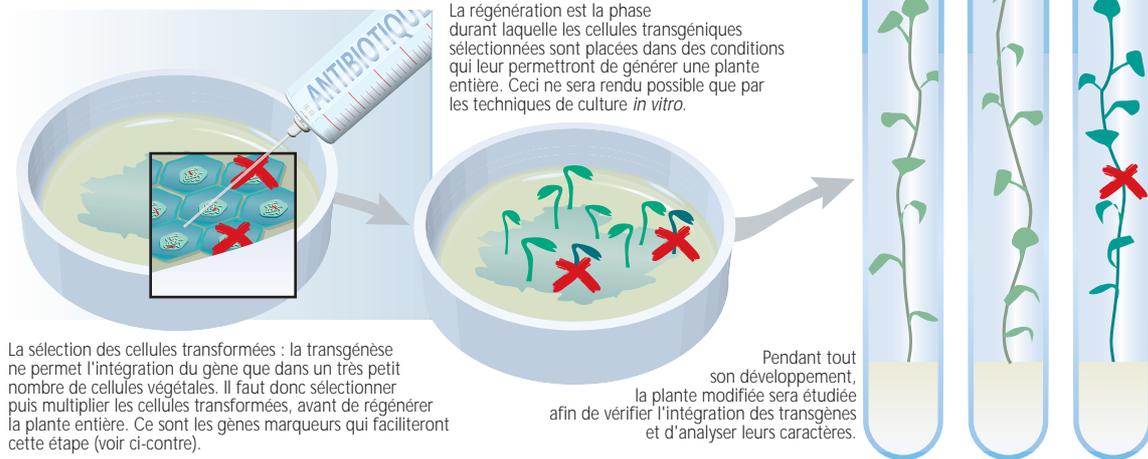


Source s diverses.

14.01-1

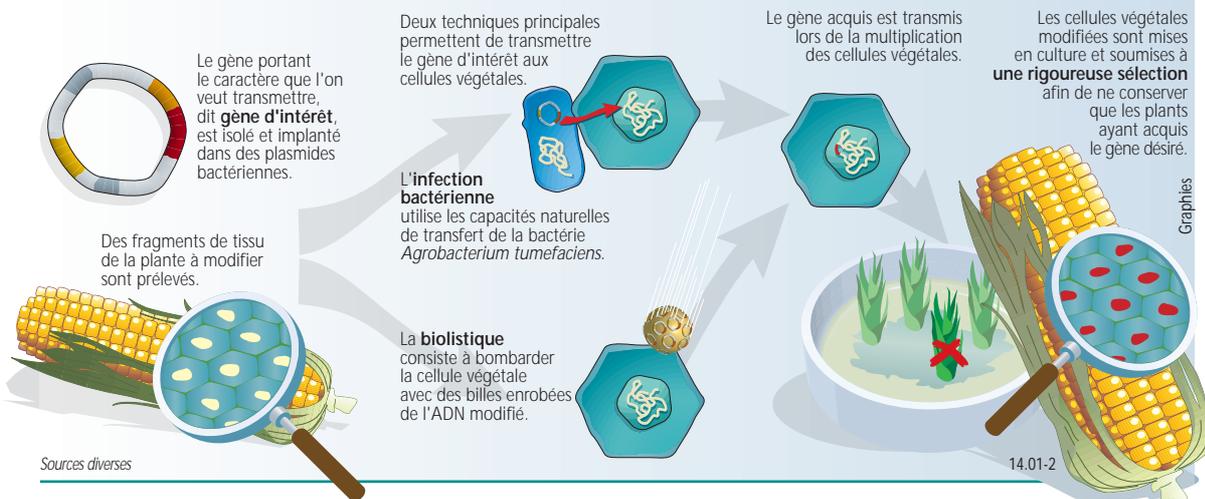


La quatrième étape est la régénération de la plante modifiée.



Le temps écoulé entre l'introduction du transgène dans les premières cellules végétales et l'obtention de la descendance varie entre six et neuf mois et dépend des techniques de culture *in vitro* et de la physiologie de chaque espèce. Selon le type de promoteur employé, on disposera des premières informations sur l'expression du transgène dès la régénération des premiers tissus, ou bien seulement à l'obtention des semences.

En résumé...



## Les pays en voie de développement et les organismes génétiquement modifiés

La population mondiale, selon les Nations unies, atteindra neuf milliards d'individus en 2050, contre six milliards actuellement. Si la productivité des cultures reste stable, il faudra multiplier par deux la surface agricole actuelle, déjà voisine de 1,5 milliard d'hectares [a]. Mais si la productivité augmente de 1 % par an, soit 65 % de 2000 à 2050, la quantité de nouvelles terres agricoles nécessaires pour répondre à la demande alimentaire mondiale ne sera que de 325 millions d'hectares. Si le gain de productivité atteint 2 % par an, 422 millions d'hectares pourraient retourner à l'état de nature et de forêt, accroissant la biodiversité et la fonction de puits de carbone des sols.

Dans ce contexte, selon des chercheurs œuvrant dans des centres de développement en agronomie, les biotechnologies offrent une solution intéressante. Elles pourraient contribuer à assurer ce gain de productivité, sans trop pénaliser les sols et les ressources en eau. Sont en particulier évoquées les perspectives suivantes :

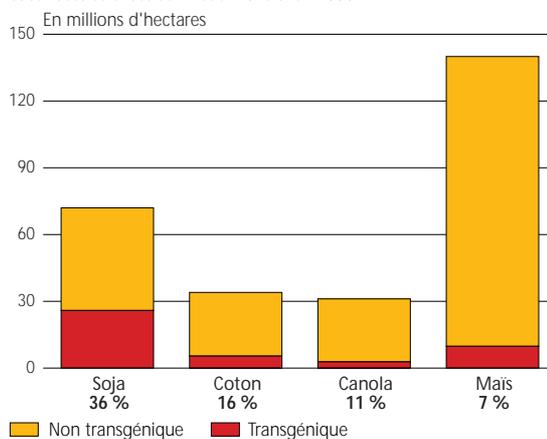
- à Hawaï, introduction d'une papaye génétiquement modifiée résistante à un virus ayant ravagé la quasi-totalité des plants existants ;
- au Kenya, mise au point d'une patate douce par des chercheurs kenyans, en association avec la société Monsanto (qui a cédé ses droits de propriété intellectuelle à l'Institut de recherche agronomique du Kenya) ;
- en Afrique de l'Est et du Sud, les cultures de maïs et de coton porteurs du gène Bt offrent des résultats intéressants : gain de productivité et réduction de traitements d'insecticides ;
- Le riz doré, riche en fer et en précurseur de vitamine A, mis au point en Suisse avec l'aide financière de la fondation Rockefeller, ouvre des perspectives intéressantes : réduction des cas de déficience en fer (deux milliards de personnes en souffrent dans le monde) et réduction des cas de déficience en vitamine A (180 millions d'enfants en meurent chaque année, particulièrement en Asie).

Mais de nombreuses organisations paysannes craignent que les grandes firmes multinationales ne créent un marché captif à leur profit, en obligeant les agriculteurs des pays en voie de développement à acheter chaque année de nouvelles semences. Elles redoutent aussi le « pillage » des gènes de plantes sauvages.

a - Source : Indur M. Goklany, chercheur dans un centre d'économie politique aux États-Unis.

## Le taux d'adoption des plantes transgéniques

Taux d'adoption des principales plantes transgéniques et surfaces cultivées au niveau mondial en 2000.



Source : ISAAA, Clive James.

14.04

### Loin en tête : le soja transgénique américain

Le soja résistant au glyphosate (matière active aux propriétés herbicides à large spectre) est la culture qui a le plus progressé, et dont la progression continue : en 1999, 50 % des surfaces plantées en soja l'étaient avec ce type de variété ; en 2001, 63 %.

La réduction du coût du contrôle des adventices du soja se serait élevée à 216 millions de dollars en 1999 et le nombre « d'applications\* » d'herbicides aurait diminué de près de huit millions en 1999 [2].

Le coton porteur de gène Bt : l'utilisation du caractère de résistance aux insectes, conféré par le gène Bt, aurait engendré une réduction de l'utilisation d'insecticides sur le coton américain de 1 200 tonnes environ en 2000, représentant six millions d'applications [3]. Un bilan économique a montré qu'il induisait plus de 200 millions de dollars de bénéfices. Les agriculteurs américains percevaient la majeure partie du surplus généré, tandis que le bénéfice serait beaucoup plus réduit pour les consommateurs. D'autres auteurs mettent toutefois en avant une grande disparité régionale avec l'existence de pertes pour les agriculteurs dans certaines régions des États-Unis.

Pris de façon globale, les gains ont engendré un très large développement des variétés transgéniques de coton, qui, en 2001, occupaient 64 % de la surface cultivée en coton. La production de coton s'est accrue d'environ 120 000 tonnes par an, au fur et à mesure du développement de ces variétés.

2 et 3 - Source : Carpenter J.E..

Le maïs porteur du gène Bt occupe actuellement le quart de la surface plantée en maïs. Une des variétés de maïs transgénique autorisée, le maïs Starlink, a été retirée de la commercialisation parce qu'elle produisait une protéine suspectée d'être allergène pour l'homme. Sa culture avait été réservée à un usage strict d'alimentation animale, mais des produits de consommation humaine ont été contaminés.

### En France, quelques dizaines d'hectares

Les surfaces cultivées en PGM autorisées à la production sont extrêmement faibles, en raison des réticences de l'opinion publique, de la position d'importants industriels de l'agro-alimentaire refusant d'acheter du maïs transgénique, de la destruction de plusieurs plantations par des mouvements « anti-OGM » et du principe de précaution largement défendu et appliqué par le gouvernement français.

Ainsi, alors qu'en 1998 2 000 hectares environ avaient été semés en variétés génétiquement modifiées de maïs, en 1999, on comptait seulement 77 hectares de maïs pour la culture et 132 hectares pour la production de semences. En 2000, ces chiffres ont encore régressé à 32 hectares pour la culture et 6 hectares pour la production de semences [4]. Ces dernières valeurs sont voisines de celles des surfaces d'expérimentations de nouvelles plantes génétiquement modifiées.

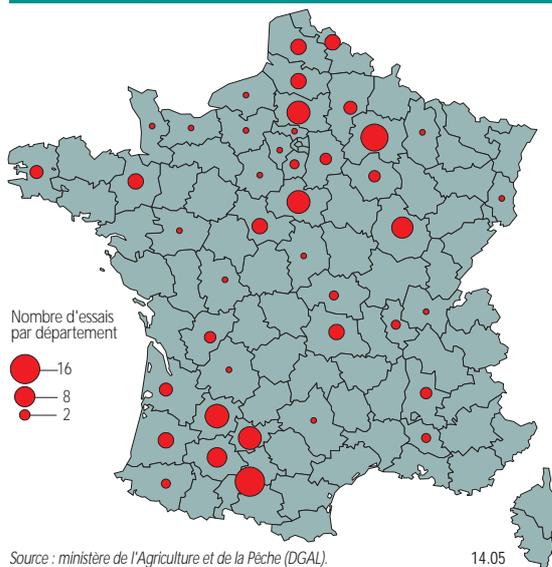
4 - Source : ministère de l'Agriculture et de la Pêche.

Ainsi, en 2000, les parcelles expérimentales plantées en OGM concernaient 45 sites de colza transgénique (occupant 21 hectares, principalement à base de variétés tolérantes aux herbicides), 68 sites de maïs (5,5 hectares, pour expérimenter des propriétés de tolérance aux herbicides et/ou de résistance aux insectes) et 80 sites de betterave (13,5 hectares). Les autres plantes (tournesol, pomme de terre, peuplier, tabac, vigne, salade, café, fétuque, soja, chicorée, ravenelle) occupaient au total 24 sites pour une surface de 2,3 hectares. En 2001, le nombre total de sites expérimentaux a diminué environ de moitié [ill 05 et 06].

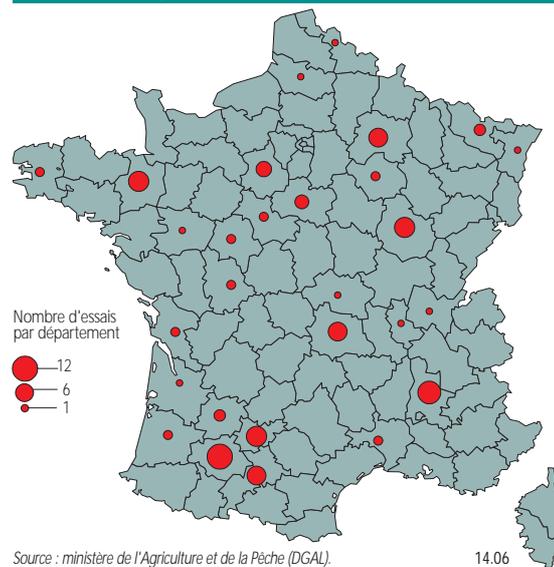
Les firmes européennes spécialisées dans la biotechnologie se plaignent de l'absence de développement de ces cultures, qui pourrait handicaper leur compétitivité, alors que les entreprises américaines ont pu se forger une bonne expérience dans un contexte local favorable aux PGM.

Le marché des OGM est dominé par quelques grandes entreprises internationales, telles que Monsanto, Syngenta, Du Pont, Bayer, etc. Ces entreprises et d'autres du même secteur, se disputent un marché mondial évalué pour les seules ventes de semences de plantes transgéniques aux environs de 5 à 8 milliards de dollars en 2005 et, pour l'ensemble des aliments et produits transgéniques, à 500 milliards de dollars. Il faut cependant être réservé quant à la fiabilité de telles prévisions, compte tenu de l'incertitude du marché.

Les sites d'expérimentation des OGM en 2000



Les sites d'expérimentation des OGM en 2001



## Recherche et brevets : une approche différente aux États-Unis et en Europe

### *Les biopôles européens associant public et privé*

Misant sur un fort développement des besoins mondiaux d'OGM, les entreprises privées consentent d'importants efforts de recherche. En Europe, de grandes firmes comme Syngenta ont mis en place d'importantes actions spécifiques de recherche et de développement. Par ailleurs, de nombreux biopôles se sont créés au cours de ces dix dernières années, accueillant des entreprises en association avec des organismes publics. Ainsi, le Génoplatte d'Évry, biopôle créé le 13 février 1999, abrite un groupement comprenant l'Institut national de la recherche agronomique (Inra), le Centre international de recherche appliquée au développement (Cirad), le Centre national de la recherche scientifique (CNRS), Biogemma et Bioplante, ainsi que la branche agrochimie d'Aventis, intégrée depuis à Bayer. Un programme de recherche a été défini, pour un montant de 210 millions d'euros sur cinq ans, dont 70 % sont issus de fonds publics. Des fonds sont spécifiquement réservés pour améliorer les méthodes d'évaluation des impacts des OGM.

### *Aux États-Unis, la législation sur les brevets privilégie la protection des entreprises*

Aux États-Unis, la prédominance de la recherche privée par rapport à la recherche publique s'explique, en partie, par le fait que la politique du brevetage du vivant s'est mise en place très tôt : dès 1980, un brevet a été accordé pour la mise au point d'un micro-organisme génétiquement modifié.

Lors de la mise au point d'une nouvelle variété, les inventeurs ont le choix entre un certificat d'obtention végétale appelé *Plant variety protection certificate* et un brevet protégeant intégralement la variété obtenue. Ce brevet interdit aux tiers de créer une nouvelle variété à partir de la variété protégée. Il empêche également les agriculteurs de réutiliser une partie de leur récolte comme semences pour l'année suivante. Les entreprises choisissent souvent ce type de protection, en dépit de son coût important, car il bloque les recherches de leurs concurrents dans leur secteur d'investigation.

La possibilité de déposer un brevet conférant un monopole d'exploitation pour une durée de vingt à trente ans, a encouragé de nombreux laboratoires à

investir des fonds dans ce type de développement. Mais la complexité du droit dans le domaine du vivant a entraîné l'absorption des petites entreprises par les grandes, seules détentrices d'un savoir-faire juridique et de fonds suffisants pour la défense complexe et coûteuse de leurs brevets.

### *En Europe, les intérêts des agriculteurs et du tiers-monde sont pris en compte*

En Europe, après de nombreuses années de débats difficiles, l'Union a adopté la directive n° 98/44/CE du 30 juillet 1998 relative à la protection des inventions biotechnologiques, reconnaissant que le vivant est brevetable dans une certaine mesure. Le droit européen rejoint ainsi le droit américain, tout en marquant un certain nombre de différences, en particulier pour ce qui concerne les variétés végétales.

La directive spécifie que les inventions concernant des plantes ne peuvent être brevetées que si elles s'appliquent à plusieurs variétés. S'il s'agit de la création d'une seule nouvelle variété végétale sans généralisation, cette variété ne peut être protégée que par un certificat d'obtention végétale. Ce certificat laisse le droit aux autres laboratoires de faire des essais d'amélioration à partir de la variété concernée. Celle-ci est en effet seulement protégée du point de vue de son exploitation commerciale. Les agriculteurs peuvent en outre réutiliser une partie de leur récolte pour la mise en culture suivante. Dans le cas d'une prise de brevet, les agriculteurs ont le même privilège.

En outre, la directive mentionne les droits des populations des pays qui ont fourni les plantes utilisées et indiqué leurs caractéristiques intéressantes, en application de la convention sur la diversité biologique des ressources signée le 13 juin 1991 à Rio. Mais les modalités de leur prise en compte restent à définir.

Tout en préservant un certain nombre de droits importants, en dehors de celui de l'inventeur, la directive européenne mentionne dans ses considérants l'utilité des biotechnologies pour préserver l'environnement et lutter contre la faim et les épidémies dans le monde, à condition que les éventuels risques correspondant à l'utilisation du génie génétique soient clairement cernés et prévenus.

## Les risques liés à l'utilisation des OGM

### Des risques sanitaires et écotoxicologiques à mieux cerner et à prévenir

Les risques liés à l'ingestion des plantes génétiquement modifiées par l'homme et les animaux – hormis les insectes qui sont la cible des gènes de résistance – restent du domaine de l'hypothèse ou de résultats de laboratoire : on n'a pour l'instant observé aucun accident en vraie grandeur. Mais il serait dangereux de développer de façon trop rapide et irréfléchie les plantes génétiquement modifiées, car elles expriment des fonctions nouvelles et présentent des risques potentiels qu'il convient de cerner au mieux.

#### Des expériences peu concluantes

Plusieurs essais de laboratoire, mettant en jeu le caractère toxique de certaines PGM, font l'objet de débats. Les deux exemples les plus cités concernent les effets d'une pomme de terre transgénique sur des rats et ceux du pollen de maïs porteur du gène Bt sur les chenilles du papillon monarque :

- l'écotoxicité potentielle d'une pomme de terre transgénique sur les rats : un chercheur britannique, Arpad Pusztai, a fait ingérer à des rats des pommes de terre transgéniques et il a conclu que cet aliment avait des effets toxiques. Cette expérience fait l'objet de controverses, car le protocole est contesté par plusieurs scientifiques, notamment la Royal Society en Angleterre ;
- l'écotoxicité potentielle des plantes résistantes aux insectes sur le monarque (papillon d'Amérique du Nord réputé pour sa beauté et son comportement migratoire particulier) : des chenilles de ce papillon, nourries en laboratoire avec des feuilles de laiteron recouvertes du pollen d'un maïs rendu résistant à la larve de pyrale (par l'introduction dans son génome d'un gène de *Bacillus thuringiensis*), ont subi des effets nuisibles notables. Plusieurs études postérieures, menées à partir d'inventaires effectués dans le milieu naturel par des biologistes des Universités de l'Iowa et de l'Illinois, montrent que dans des conditions agronomiques réelles, la proportion de la population de monarques potentiellement exposée à des niveaux toxiques de pollen transgénique est très faible.

#### Un suivi de l'écotoxicité dans le milieu naturel

Depuis 1998, les éventuelles modifications des populations d'insectes et de la microflore des sols engendrées *in situ* par le maïs porteur du gène Bt sont suivies en France par les services régionaux de protection des végétaux (ministère de l'Agriculture et de la Pêche), en collaboration avec l'Association générale des producteurs de maïs (AGPM) et l'Association de coordination technique agricole (ACTA). Le protocole a été élaboré par l'INRA dans le cadre de la biovigilance organisée officiellement pour le suivi des cultures mises sur le marché.

Pour l'instant, seules quelques différences ont été observées sur les insectes. Ces impacts mériteraient d'être comparés avec ceux induits par l'application d'insecticides conventionnels sur les champs de maïs, la surface actuellement traitée en France contre la pyrale s'élevant entre 400 000 et 600 000 hectares.

#### L'apparition de résistances ?

L'utilisation de PGM induit-elle, après quelques années de culture, l'apparition de populations d'insectes résistantes à ces protéines ? Les groupements d'agriculteurs biologiques, qui utilisent largement les spores de *Bacillus thuringiensis* pour traiter leurs champs de maïs, s'en inquiètent. Ils craignent que le développement des surfaces cultivées avec du maïs porteur du gène Bt n'accélère l'apparition de telles résistances et ne rende inefficace ce type de traitement.

Pour pallier ce type de risque, l'Agence de protection de l'environnement (EPA) aux États-Unis, fait obligation aux agriculteurs utilisant du maïs génétiquement modifié de semer 20 % de leur terrain avec du maïs conventionnel, pour que les pyrales résistantes se croisent avec d'autres sensibles pour donner des individus non résistants.

On développe actuellement des technologies qui prennent en compte ce risque, par exemple l'insertion de gènes produisant plusieurs toxines intervenant sur des cibles distinctes.

#### Des risques d'allergie ?

De 1 % à 2 % des adultes et 6 % des enfants sont actuellement allergiques à certains aliments. De nouveaux aliments issus d'organismes génétiquement modifiés sont-ils susceptibles d'accroître ces proportions ? Il est difficile de le prévoir. L'évaluation de ce risque n'est pas aisée, et il faut accroître la pertinence des tests de dépistage.

## Les transferts de gènes : des risques très faibles, mais la prudence malgré tout

C'est une des craintes les plus souvent évoquées à propos des plantes génétiquement modifiées, et on redoute surtout trois phénomènes : le transfert des gènes vers les animaux et l'homme, suite à l'ingestion de plantes génétiquement modifiées, le passage des gènes de résistance aux antibiotiques vers des bactéries du sol ou des bactéries du tube digestif des animaux et de l'homme et le transfert des gènes d'intérêt à des plantes sauvages apparentées, leur conférant des avantages sélectifs susceptibles de les rendre envahissantes.

### *Pas de transfert des gènes des plantes vers les animaux et l'homme*

Les études convergent : aucun élément ne permet actuellement de penser que des gènes de plantes puissent s'incorporer au génome d'un mammifère par voie alimentaire.

### *Divergences à propos du risque de transfert des gènes de résistance aux antibiotiques*

Cette question est plus délicate à cerner et les commentaires divergent à son sujet. Le gène de résistance à l'antibiotique associé à un promoteur bactérien peut être transféré dans une bactérie du tube digestif d'un animal et de l'homme, mais de nombreux scientifiques pensent que cette éventualité n'affectera que faiblement le délicat problème du développement des résistances aux antibiotiques chez les bactéries. Pour ce qui concerne le gène de résistance accompagné d'un promoteur de type eucaryote\*, aucun transfert depuis les végétaux vers les bactéries n'a pour l'instant été observé.



C. Couvert - Graphies

Quoi qu'il en soit, pour éviter tout risque à ce sujet, la directive européenne 2001/18/CE prévoit à terme l'élimination des marqueurs de résistance aux antibiotiques. La date limite est 2004 dans le cas des OGM mis sur le marché.

### *La transmission des gènes à des plantes adventices sauvages*

Selon les chercheurs, ce risque existe pour 10 % à 20 % des variétés transgéniques. La plupart des plantes cultivées ne s'hybride pas avec des plantes sauvages, mais certaines plantes transgéniques cultivées sur de grandes surfaces comme le colza, la betterave, le riz et le maïs (en Amérique du Sud mais pas en Amérique du Nord ni en Europe) peuvent s'hybrider avec des plantes apparentées.

Qu'en est-il concrètement du risque de créer des plantes qui deviendraient des « super mauvaises herbes » en ayant acquis les caractères des plantes transgéniques ? On cite le cas de mauvaises herbes voisines de champs de colza transgénique en Australie, qui seraient devenues ainsi résistantes au glufosinate [5]. Cependant, une étude menée en Australie suggère que la probabilité d'introgression\* d'un gène de résistance par échange entre le colza et la ravenelle est plus faible que celle de l'apparition d'une résistance à un herbicide par mutation [6].

En ce qui concerne le cas du colza, on ne connaît pour l'instant pas, à nos latitudes, d'hybridation avec des plantes sauvages analogues. Mais la prudence s'impose sous d'autres conditions, en Europe du Nord par exemple, où le colza et la navette échangent régulièrement leurs gènes.

La position française à ce sujet est très stricte vis-à-vis des quelques plantes concernant notre pays (particulièrement le colza et la betterave), tant qu'il ne sera pas démontré la quasi-impossibilité qu'une « super mauvaise herbe » ne se développe sur notre sol, par introgression d'un gène d'une de ces PGM vers une plante sauvage affine.

### *L'impact sur la biodiversité : des avis scientifiques très partagés*

L'impact sur la biodiversité du développement des PGM se pose de deux manières :

- la culture des plantes génétiquement modifiées risque-t-elle de diminuer le nombre de variétés cultivées ?
- les populations de bactéries, d'insectes, d'oiseaux

5 - Source : Pelt.  
6 - Source : Warwick.

et de mammifères sauvages vont-elles connaître, compte tenu des multiples impacts potentiels (positifs ou négatifs) de la culture des PGM, une réduction de leur richesse spécifique dans les régions où seront mises en œuvre de telles cultures ?

### *Le monde végétal risque-t-il de s'homogénéiser ?*

Certains auteurs indiquent que la concentration de la recherche privée en quelques grandes firmes, la complexité et le coût de la mise au point d'une PGM jusqu'à sa mise sur le marché limitent le nombre de variétés qui seront commercialisées. Par ailleurs, en ce qui concerne les pays en voie de développement, le modèle proposé par les promoteurs des plantes génétiquement modifiées est celui d'une agriculture industrielle, intensive et concentrée, qui ne laisse plus la place au travail différencié et décentralisé de sélection propre à chaque agriculteur.

D'autres auteurs sont moins pessimistes, car selon eux, la connaissance et la diversité des gènes de la flore et de la faune sauvages sont au cœur du développement des biotechnologies. De plus, l'essor des cultures génétiquement modifiées ne se fera pas en supprimant les cultures conventionnelles, car l'intérêt des rotations, de la diversification des variétés et pratiques culturales est bien compris par la grande majorité des agriculteurs.

### *Le monde animal risque-t-il de perdre sa richesse ?*

Comment évoluera la richesse spécifique ? Il n'est pas non plus facile de s'en faire une idée exacte.

Certains scientifiques mettent en avant les effets des plantes insecticides sur les populations de ravageurs, et les incidences sur les prédateurs de ces ravageurs. Les toxines produites peuvent aussi affecter des populations non cibles et réduire ainsi certaines espèces vulnérables. D'autres auteurs (dont des entomologistes de l'université de l'Illinois) font remarquer que, dans les pays développés, ces plantes génétiquement modifiées sont moins pénalisantes pour les populations d'espèces non cibles que les épandages actuels de pesticides.

La divergence des points de vue souligne l'importance du rôle des décideurs politiques : une bonne connaissance des stratégies envisageables et des enjeux correspondants doit leur permettre de faire des choix argumentés.

## Les précautions

### Évaluer et prévenir les risques

#### *Quatre instances pour assurer la sécurité sanitaire*

L'évaluation des risques et la prévention qui en découle sont mises en œuvre à tous les stades du développement des OGM, depuis la création en laboratoire jusqu'à la commercialisation. Différentes instances sont chargées d'effectuer cette évaluation et d'établir les mesures de prévention nécessaires.

Le niveau de risque lié à l'utilisation des OGM en milieu confiné est évalué par la Commission du génie génétique, qui définit également les mesures préventives à prendre.

Les risques pour la santé et l'environnement, liés à la dissémination des PGM sont analysés par la Commission du génie biomoléculaire [voir hors-texte page suivante]. Cette commission prend notamment en compte le risque écologique : potentiel de prolifération de l'OGM, effets sur les insectes, transfert de gènes vers d'autres plantes ou vers les bactéries du sol.

Les risques vis-à-vis de l'homme et de l'animal, liés à la consommation d'OGM ou de produits dérivés, sont analysés par l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA), en lien avec le Conseil supérieur d'hygiène publique de France.

#### *L'évaluation du risque écotoxique : une méthode simple dans la plupart des cas*

Elle s'effectue préalablement en comparant l'organisme génétiquement modifié avec un ingrédient traditionnel. Cette méthode est recommandée par l'OMS, l'OCDE et la FAO.

On mène tout d'abord une étude précise des propriétés de la ou des protéines produites par le ou les gènes d'intérêt : composition, stabilité, teneur, toxicité à forte dose sur les rongeurs, allergénicité.

On fait ensuite une quantification des concentrations en nutriments et en toxines naturelles de la plante transgénique, en la comparant à la plante conventionnelle dans différentes conditions de culture pour valider ou non « l'équivalence substantielle » entre les deux organismes.

Cette méthode est simple à mettre en œuvre pour les produits pour lesquels il n'est pas tenté d'améliorer la qualité nutritive, et lorsque la ou les protéines correspondant aux gènes d'intérêt peuvent être isolées et purifiées. Sinon, il convient de

tester l'aliment dans son entier, ce qui pose des difficultés d'ordre méthodologique.

Plusieurs laboratoires (Inra, école vétérinaire de Nantes, université de Bordeaux) cherchent à mettre en évidence des signatures biologiques telles que des activités enzymatiques, mesurant l'écart entre une situation métabolique normale et une situation métabolique perturbée chez un animal de laboratoire. Si un animal nourri avec une alimentation à base d'OGM manifeste, par une signature biologique donnée, une perturbation alimentaire par rapport à un animal conventionnel, deux cas peuvent se produire : soit il est possible de réduire à néant la signature biologique détectée, en corrigeant les effets de la plante génétiquement modifiée ; soit cela n'est pas possible, et l'OGM est considéré comme néfaste sur le plan nutritionnel.

### La délivrance des autorisations : une réglementation qui prévoit les cas particuliers

#### *Une directive européenne pour maîtriser la dissémination d'OGM dans l'environnement*

Le dispositif communautaire régulant la mise en culture des PGM, introduit par la directive 90/220/CEE du Conseil du 23 avril 1990, repose dorénavant sur la directive 2001/18/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 mars 2001. Cette directive doit être traduite dans les dispositions législatives et réglementaires des États membres au plus tard le 17 octobre 2002.

L'expérimentation sur le terrain d'une PGM avant mise sur le marché : il faut fournir un dossier complet de demande d'autorisation à l'autorité compétente de l'État dans lequel va se dérouler l'expérimentation. Ce dossier comporte toutes les informations sur l'OGM concerné, les conditions de sa dissémination, ainsi que les interactions entre l'OGM et son environnement. Sont aussi mentionnés les procédures de surveillance prévues, et les plans d'intervention d'urgence en cas d'effets inattendus. Cette demande fait l'objet d'une enquête publique ou d'une consultation du public selon des modalités définies par chaque État membre. Les États rendent accessibles au public des renseignements portant sur toutes les disséminations effectuées sur leur territoire. Lorsque l'expérience de dissémination est terminée, le notifiant envoie à l'autorité compétente les résultats obtenus sur les risques éventuels vis-à-vis de la santé humaine ou de l'environnement.

La demande de mise sur le marché des PGM : la notification est adressée à l'autorité compétente de l'État membre où l'OGM sera mis sur le marché pour la première fois. Cet État transmet le dossier aux autres États et à la Commission européenne. Ensuite, il établit un rapport d'évaluation en indiquant si l'OGM peut être mis sur le marché et, si oui, dans quelles conditions. Ce rapport est adressé à la Commission qui en transmet copie aux autres États membres pour leur demander leur avis. Si aucune objection n'est émise, l'autorisation de mise sur le marché est accordée pour une durée maximale de dix ans par l'État membre instructeur. Cette autorisation vaut pour le territoire de l'Union européenne, sous réserve du respect des conditions qui peuvent être spécifiées pour certaines zones géographiques. En cas d'objection, une décision est adoptée après examen dans un délai de cent vingt jours par un comité assistant la Commission.

Cette directive constitue donc un outil solide de prévention des risques et comporte une clause de sauvegarde pour tout risque nouvellement apparu. La Commission doit établir prochainement une proposition pour compléter cette directive par des dispositions satisfaisant les exigences des procédures d'autorisation prévues par le protocole de Carthagène.

#### *Le protocole de Carthagène pour gérer les exportations d'OGM*

Ce protocole, établi conformément à la convention sur la biodiversité, a été adopté à Montréal en janvier 2000. Il prévoit une notification obligatoire par le pays exportateur d'un OGM, comportant une évaluation des risques et une autorisation par le pays potentiellement importateur. Ce dernier peut exiger du pays exportateur toutes informations nécessaires sur les risques potentiels pour prendre une décision, cette dernière devant intervenir dans les 270 jours. Le protocole prévoit que les États consultent le public et prennent en compte les aspects socio-économiques pour asseoir leurs décisions. Si l'État importateur décide d'autoriser la mise sur son marché de l'OGM, il peut revenir sur l'autorisation accordée si de nouvelles informations scientifiques le justifient.

Ce protocole est particulièrement important pour les pays qui n'ont pas encore mis en place des mesures juridiques adaptées pour prévenir toute mise sur le marché d'OGM présentant des risques pour l'environnement. En effet, chaque pays peut présenter des particularités biogéographiques susceptibles d'amplifier ces risques.

### La Commission du génie biomoléculaire

La Commission d'étude de la dissémination des produits issus du génie biomoléculaire, créée en 1986, a été confortée par la loi n° 92-654 du 13 juillet 1992 relative au contrôle de l'utilisation et de la dissémination d'OGM, codifiée dans le titre III du livre V du code de l'Environnement. Instance consultative placée auprès des deux ministres chargés de l'Agriculture et de l'Environnement, elle évalue les risques liés à la dissémination d'organismes génétiquement modifiés pour la santé publique et l'environnement. Elle comprend dix-huit membres, nommés pour une durée de trois ans. Elle est composée de :

- onze experts scientifiques choisis pour leur compétence se rapportant au génie biomoléculaire ;
- un représentant des industries mettant en œuvre des OGM ;
- un représentant de la production agricole ;
- un représentant d'une association de défense des consommateurs ;
- un représentant d'une association de défense de l'environnement ;
- un représentant des salariés des industries mettant en œuvre des OGM ;
- un membre de l'Office parlementaire des choix scientifiques et technologiques désigné par son président ;
- une personnalité qualifiée désignée en raison de ses compétences juridiques.

Pour assurer l'indépendance de l'expertise, le président de la commission exclut de la délibération tout membre possédant des intérêts dans un dossier examiné par la commission.

Tout dossier déposé pour une demande de dissémination est expertisé par au moins trois rapporteurs internes (deux scientifiques et un représentant de la société civile) et par un rapporteur externe choisi parmi une liste d'experts compétents. L'expertise externe donne lieu à la rédaction d'un rapport d'évaluation, discuté en réunion plénière de la CGB. La délibération qui s'ensuit permet à la commission d'émettre un avis favorable, défavorable, ou de demander des informations complémentaires. Les avis favorables sont souvent accompagnés de recommandations et de précautions à respecter.

Pour les plantes, l'expertise de la CGB est complétée par d'autres instances :

- l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (Afssa) effectue une évaluation lorsqu'une consommation humaine des produits est prévue ;
- la Commission des toxiques examine la toxicité des produits de traitement éventuellement associés à une PGM si ces produits ne sont pas homologués.

### La surveillance : le Comité de biovigilance

En février 1998, lorsque les semences de trois maïs génétiquement modifiés pour résister à la pyrale ont été autorisées à la culture en France, un Comité provisoire de biovigilance a été mis en place : il assure la traçabilité de ces nouvelles variétés et suit leur comportement et les effets sur l'environnement. Il est aussi chargé de rendre aux ministres chargés de l'Agriculture et de l'Environnement des avis sur les protocoles de suivi des risques, leur mise en œuvre, les résultats des suivis, et des propositions de mesures correctrices éventuelles. Cette instance a été confortée par la loi d'orientation agricole n° 99-574 du 9 juillet 1999 : elle mentionne que le Comité de biovigilance est composé de personnalités compétentes en matière scientifique, d'un député et d'un sénateur membres de l'Office parlementaire des choix scientifiques et technologiques et de représentants des associations de protection de l'environnement, des associations de consommateurs et des groupements professionnels concernés. Ces représentants forment au moins la moitié des membres du comité. Le Comité de biovigilance est actuellement en cours d'installation définitive. Son rôle sera renforcé avec l'entrée en vigueur de la directive 2001/18/CE.

Sur le terrain, ce sont les agents des services régionaux de la Protection des végétaux qui sont spécialement habilités pour suivre les cultures autorisées et effectuer le constat d'éventuelles infractions.

### L'information : la vigilance des associations

En 1997, dans le cadre de l'Eurobaromètre, une étude par sondage auprès des populations des quinze pays de l'Union européenne, de la Norvège et de la Suisse, montrait que l'appréhension des risques et des bénéfices était notablement différente selon le type de technologie de génie génétique en cause. Les applications de nature médicale étaient mieux acceptées que les autres (environ 80 % des Européens les jugeaient utiles). Seulement 44 % des Européens estimaient que l'utilisation des biotechnologies pour la production de nourriture devait être encouragée et 61 % pensaient que cette application pouvait présenter des risques.

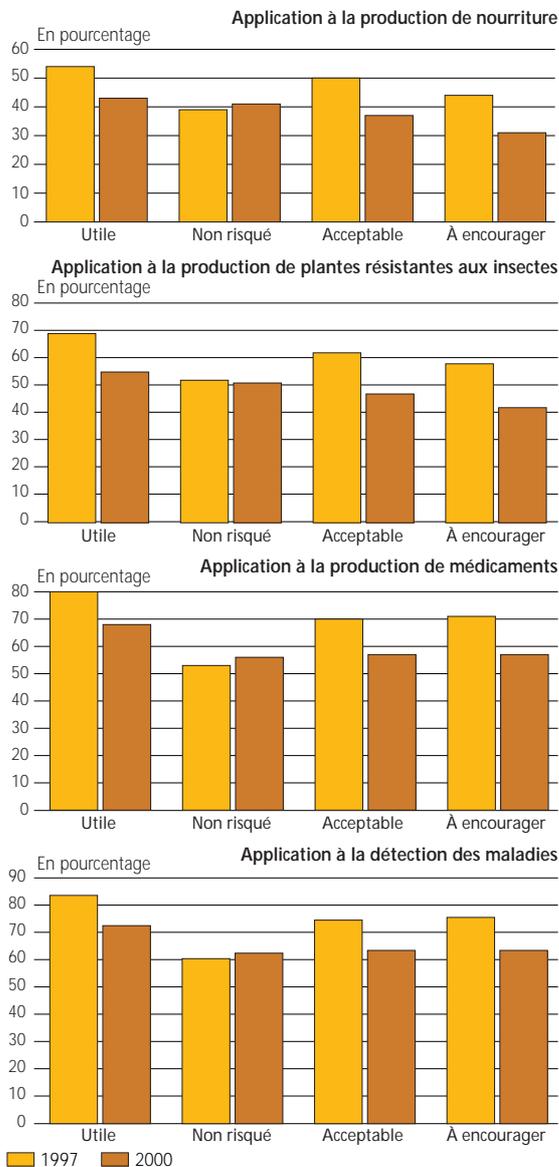
Cette enquête a été renouvelée de fin 1999 à début 2000. Si en terme de perception du risque, les opinions n'ont pas vraiment changé, l'intérêt pour les biotechnologies a chuté de façon assez nette, quel que soit le type d'usage qui en est fait. Il semble

que la perception des consommateurs échappe quelque peu à l'objectivité scientifique. Ainsi, un sondage récent rapporté par Yves Dessaux du CNRS, posait la question suivante : « Est-ce que dans les produits non OGM, il y a des gènes ? ». Pour 58 % des personnes interrogées, la réponse était « non ».

Une telle situation peut s'améliorer dans la mesure où toutes les procédures d'autorisation prévoient une large information ou consultation du public. Certaines associations sont vigilantes vis-à-vis du respect de ces obligations.

### L'opinion sur les applications des biotechnologies

Résultats d'enquêtes d'opinion relatives aux applications des biotechnologies.



Source : International Research Associates - Europe (Eurobaromètre).

14.07

En France, le ministère de l'Agriculture et de la Pêche a été traduit devant la juridiction administrative par France Nature Environnement pour n'avoir pas accepté de diffuser la liste des communes dans lesquelles des cultures expérimentales d'OGM avaient été mises en place pour l'année 2000. Les actions de vandalisme exercées sur certaines parcelles par des groupements d'agriculteurs étaient sans doute à l'origine de cette réserve. Depuis, la situation s'est régularisée et le ministère diffuse sur son site Internet toutes informations utiles.

En ce qui concerne l'étiquetage des organismes génétiquement modifiés, la directive 2001/18/CE relative à la dissémination volontaire d'OGM dans l'environnement prévoit que des informations claires soient portées sur une étiquette ou sur un document d'accompagnement, mentionnant la présence de ces organismes.

## Perspectives

Les questions d'information sont essentielles pour l'avenir des organismes génétiquement modifiés. Pour l'instant, l'opinion publique européenne paraît dans l'ensemble très réticente pour ce qui touche à l'alimentation. Plusieurs possibilités existent pour l'information et la prise en considération des avis du public : la directive 2001/18/CE cite en particulier la possibilité de recourir à l'enquête publique.

La France a déjà expérimenté une conférence des citoyens inspirée des procédures danoises de mise en œuvre de forums publics, au cours desquels des experts de différentes tendances expliquent leur position à un panel de citoyens. Les conclusions de cette conférence (en particulier l'interdiction à terme de gènes de résistance aux antibiotiques) ont été effectivement reprises dans la récente directive européenne.

De tels débats, alimentés par les résultats des expériences et mesures de surveillances de plus en plus nombreuses, en Europe mais aussi aux États-Unis, devraient permettre de mieux analyser les risques et les avantages liés à chaque nouvelle PGM.

Les progrès rapides des biotechnologies vont sans doute améliorer le rapport entre les bénéfices attendus des PGM et leurs risques éventuels. Les techniques génétiques peuvent d'ailleurs à terme ne plus impliquer de transfert de gènes extérieurs à une plante, mais induire une mutation dirigée. Ce

type de technique reproduira alors un phénomène susceptible de se produire naturellement, et pourrait être mieux accepté.

Mais un tel avenir n'est envisageable qu'à la condition que les recherches en biotechnologie soient poursuivies et amplifiées. Ensuite, une vigilance rigoureuse s'impose : l'évaluation des risques et la surveillance dans les premières années d'expérimentation et de mise en culture, doivent permettre de vérifier que les risques éventuels sont inexistantes, ou plus faibles que ceux qui sont occasionnés par les produits ou pratiques conventionnels. ■

#### Pour en savoir plus...

- Arlot M.P., Le Boulter S.L., Le Lourd P., 2001. *OGM et agriculture : options pour l'action publique*. Paris, La Documentation Française, 393 p.
- Aubert M.H., 2000. *Les OGM : pour quoi faire ?* Paris, Assemblée Nationale, 171 p. (coll. Les documents d'information, 2538).
- Carpenter J.E., Gianessi L.P., 2001. *Agricultural biotechnology : updated benefit estimates*. Washington, National Center for Food and Agricultural Policy, 48 p.
- Houdebine L.M., 2000. *OGM, le vrai et le faux*. Paris, Le Pommier, 201 p.
- Kourilsky P., Viney G., 2000. *Le principe de précaution - Rapport au Premier ministre*. Paris, La Documentation Française, 405 p.
- Le Deaut J.Y., 1998. *De la connaissance des gènes à leur utilisation - L'utilisation des organismes génétiquement modifiés dans l'agriculture et l'alimentation*, 2 vols. Paris, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (coll. *Les Rapports du Sénat*, 545).
- Le Fur G., 1999. *Les OGM : nouveau défi pour l'avenir de l'agriculture et de l'alimentation*. Paris, Conseil économique et social.
- Pelt J.M., 1998. *Plantes et aliments transgéniques*. Paris, Fayard, 200 p.
- Roy A., 2001. *Les experts face au risque : le cas des plantes transgéniques*. Paris, PUF, 281 p. (coll. *Partage du savoir*).
- Seralini G.E., 2000. *OGM, le vrai débat*. Paris, Flammarion, 128 p. (coll. *Dominos*, 215).

Sites internet :

- Ministère de l'Agriculture et de la Pêche : [www.agriculture.gouv.fr](http://www.agriculture.gouv.fr)
- Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie : [www.finances.gouv.fr/ogm](http://www.finances.gouv.fr/ogm)
- Professionnels des semences et de la protection des cultures : [www.ogm.org](http://www.ogm.org)

#### Glossaire

**ADN** : acide désoxyribonucléique, support moléculaire des caractères héréditaires.

**Application** : en matière de pesticides, on appelle « application » le total des surfaces traitées en hectares avec chacune des matières actives utilisées, une parcelle pouvant être comptabilisée plusieurs fois lorsqu'elle a fait l'objet de traitements multiples.

**Eucaryote** : se dit d'une cellule dont le noyau contenant l'ADN est individualisé par une enveloppe.

**Gène** : séquence ordonnée d'ADN qui commande la synthèse d'une protéine. Le gène constitue une unité d'information héréditaire.

**Introgression** : se dit d'un caractère introduit d'une espèce dans une autre, à la suite du croisement entre deux espèces, suivi de croisements répétés avec l'une d'entre elles ou avec les deux. Il en résulte des populations proches de l'une des espèces, mais avec quelques caractères de l'autre.

**Plante adventice** : plante spontanée (ou importée avec les graines de la plante cultivée) qui pousse en concurrente dans les cultures.

**Plasmide** : chez les bactéries, molécule d'ADN indépendante du chromosome, mais susceptible de s'y intégrer provisoirement ; les plasmides se multiplient de façon indépendante.

C. Couvert - Graphies



## Références juridiques

### ■ Niveau international

- Protocole de Carthagène du 29 janvier 2000 sur la prévention des risques biotechnologiques.

### ■ Niveau communautaire

- Règlement (CE) n° 50/2000 de la Commission du 10 janvier 2000 concernant l'étiquetage des denrées et ingrédients alimentaires contenant des additifs et arômes génétiquement modifiés ou produits à partir d'organismes génétiquement modifiés (JOCE L 6 du 11 janvier 2000).
- Règlement (CE) n° 49/2000 de la Commission du 10 janvier 2000 concernant la mention obligatoire d'informations dans l'étiquetage de certaines denrées alimentaires produites à partir d'organismes génétiquement modifiés (JOCE L 6 du 11 janvier 2000).
- Règlement (CE) n° 1139/98 du Conseil du 26 mai 1998 concernant la mention obligatoire, dans l'étiquetage de certaines denrées alimentaires produites à partir d'organismes génétiquement modifiés, d'informations autres que celles prévues par la directive 79/112/CEE (JOCE L 159 du 3 juin 1998).
- Directive n° 2001/18/CE du Parlement européen et du Conseil du 12 mars 2001 modifiant la directive n° 90/220/CEE du Conseil, du 23 avril 1990, relative à la dissémination volontaire d'organismes génétiquement modifiés dans l'environnement (JOCE L 106 du 17 avril 2001). Elle procède à l'abrogation de la directive 90/220/CEE à compter du 17 octobre 2002.
- Directive n° 98/95/CE du 14 décembre 1998 concernant la commercialisation de certaines variétés végétales génétiquement modifiées (semences de betteraves, semences de plantes fourragères, semences de céréales, plants de pommes de terre, semences de plantes oléagi-

neuses et à fibres et semences de légumes) ainsi que le catalogue commun des variétés des espèces de plantes agricoles (JOCE L 25 du 1<sup>er</sup> février 1999).

- Directive n° 98/81/CE du Conseil du 26 octobre 1998 modifiant la directive 90/219/CEE relative à l'utilisation confinée de micro-organismes génétiquement modifiés (JOCE L 330 du 5 décembre 1998).
- Décision n° 2001/204/CE du Conseil du 8 mars 2001 complétant la directive 90/219/CEE en ce qui concerne les critères permettant d'établir l'innocuité pour la santé humaine et l'environnement de types de micro-organismes génétiquement modifiés (JOCE L 73 du 15 mars 2001).
- Décision n° 2000/608/CE de la Commission du 27 septembre 2000 relative aux notes explicatives concernant l'évaluation des risques visée à l'annexe III de la directive 90/219/CEE relative à l'utilisation confinée de micro-organismes génétiquement modifiés (JOCE L 258 du 12 octobre 2000).

### ■ Niveau national

#### Généralités

- Arrêté du 18 octobre 2000 fixant le contenu du dossier technique accompagnant la demande d'autorisation de dissémination volontaire d'organismes génétiquement modifiés dans le cadre de recherches biomédicales portant sur des médicaments à usage humain ou des produits mentionnés aux 8°, 9° et 10° de l'article L. 5121-1 du Code de la santé publique (JO du 11 novembre 2000).
- Arrêté du 23 décembre 1999 fixant le contenu du dossier technique accompagnant la demande d'autorisation de dissémination volontaire d'organismes génétiquement modifiés dans le cadre d'expérimentations portant sur des médicaments vétérinaires (JO du 23 janvier 2000).