



Consensus Scientifique sur les Plantes Génétiquement Modifiées

Source :

FAO (2004)

Résumé & Détails:

GreenFacts (2005)

Niveau 2 - Détails sur les Plantes Génétiquement Modifiées

1. Que sont les biotechnologies agricoles ?.....	3
1.1 Comment les biotechnologies sont-elles définies ?.....	3
1.2 Comment les technologies agricoles ont-elles évolué avec le temps ?.....	3
2. Comment les biotechnologies peuvent-elles s'appliquer à l'agriculture ?.....	4
2.1 Que sont les gènes ?.....	4
2.2 Que peut-on retirer de l'étude des caractéristiques génétiques d'une espèce ?.....	4
2.3 Que sont les marqueurs moléculaires et comment sont-ils utilisés ?.....	5
2.4 Quelles techniques de laboratoires peuvent aider la sélection et la culture ?.....	6
2.5 Comment transférer des caractéristiques d'une espèce à une autre ?.....	6
2.6 Quelles caractéristiques peuvent être transmises aux plantes ?.....	7
3. Quels sont les effets possibles de la sélection classique des plantes ?.....	8
4. Les aliments à base de plantes génétiquement modifiées sont-ils sains ?.....	8
4.1 Les aliments à base de plantes génétiquement modifiées sont-ils sains ?.....	8
4.2 Comment la sécurité des aliments transgéniques devrait-elle être évaluée ?.....	9
4.3 Comment convient-il d'étiqueter les aliments génétiquement modifiés ?.....	10
5. Quels pourraient être les effets des cultures transgéniques sur l'environnement ?.....	10
5.1 Quels pourraient être leurs effets directs sur l'environnement ?.....	10
5.2 Quels pourraient être leurs effets indirects sur l'environnement ?.....	12
5.3 Comment évaluer ces effets sur l'environnement ?.....	13
6. Quelles sont les implications des technologies génétiques pour les animaux ?.....	13
6.1 Quels sont les effets possibles des aliments transgéniques pour animaux ?.....	13
6.2 Quels sont les effets possibles des animaux transgéniques ?.....	14
7. Les OGM sont-ils régis par des accords internationaux ?.....	15
7.1 Comment le commerce agricole international est-il réglementé ?.....	15
7.2 Quelles conventions traitent des effets des OGM sur l'environnement ?.....	15
8. Conclusions.....	16
8.1 Conclusions sur les biotechnologies agricoles.....	16
8.2 Conclusions sur les effets environnementaux et sanitaires.....	16

Ce Dossier est un résumé fidèle du rapport scientifique de consensus produit en 2004 par l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) :
"La situation Mondiale de l'Alimentation et de l'Agriculture 2003-2004"

Le Dossier complet est disponible sur : <http://www.greenfacts.org/fr/ogm/>



Ce document PDF contient le Niveau 2 d'un Dossier GreenFacts. Les Dossiers GreenFacts sont publiés en plusieurs langues sous forme de questions-réponses et présentés selon la structure originale et conviviale de GreenFacts à trois niveaux de détail croissant :

- Chaque question trouve une réponse courte au Niveau 1.
- Ces réponses sont développées en plus amples détails au Niveau 2.
- Le Niveau 3 n'est autre que le document source, le rapport de consensus scientifique reconnu internationalement et fidèlement résumé dans le Niveau 2 et plus encore dans le Niveau 1.

Tous les Dossiers de GreenFacts en français sont disponibles sur : <http://www.greenfacts.org/fr/>

1. Que sont les biotechnologies agricoles ?

1.1 Comment les biotechnologies sont-elles définies ?

La biotechnologie peut être décrite comme toute technologie utilisant des organismes vivants pour créer ou modifier un produit dans un but pratique. Certaines techniques traditionnelles sont utilisées depuis des milliers d'années. C'est le cas par exemple des levures naturelles utilisées pour faire du pain, de la bière et du vin grâce à un processus appelé fermentation.



Au siècle dernier, des techniques plus sophistiquées ont utilisé d'autres microorganismes pour créer des antibiotiques, des acides aminés, des vitamines et d'autres produits utiles. Les biotechnologies modernes, développées au cours des trente dernières années, apportent habituellement des changements au matériel héréditaire d'un organisme vivant grâce à une technique appelée génie génétique ou modification génétique.

Les biotechnologies modernes sont actuellement utilisées dans la fabrication industrielle de produits utiles tels que des vaccins, des antibiotiques, des enzymes ainsi que des hormones comme l'insuline.

Dans l'agriculture, on applique les biotechnologies aux plantes afin de développer des variétés résistantes aux insectes nuisibles, aux maladies, à la sécheresse, à la chaleur, ou encore au froid, mais également dans le but d'améliorer la teneur en nutriments des plantes.

Tableau 1: Chronologie des technologies agricoles [voir Annexe 1, p. 18]

1.2 Comment les technologies agricoles ont-elles évolué avec le temps ?

1.2.1 Pendant environ 10 000 ans, l'homme a tenté d'améliorer les caractéristiques des plantes en sélectionnant et en cultivant des individus présentant les caractéristiques désirées. Il en résulte que les plantes modernes sont désormais fort distinctes de leurs ancêtres.

L'amélioration classique des cultures implique le croisement de deux individus appartenant à la même espèce ou à deux espèces étroitement apparentées. Chaque parent transmet la moitié de son matériel génétique (ADN) à sa progéniture, de sorte que les caractéristiques non bénéfiques peuvent être transmises en même temps que les bénéfiques. Conserver les bonnes caractéristiques et éliminer les mauvaises peut prendre plusieurs générations, ce qui fait donc de cette méthode conventionnelle une méthode lente et exigeante. Les biotechnologies conventionnelles ou modernes peuvent être utilisées afin de rendre ce procédé plus efficace.

1.2.2 Les caractéristiques désirables comme les indésirables sont inscrites dans les gènes que portent les plantes parents et peuvent être différentes suite à la variation naturelle des gènes. On est parvenu à augmenter cette variation génétique en traitant les plantes au moyen de mutagènes provoquant des changements dans le matériel génétique de la plante. Les plantes individuelles obtenues par cette méthode peuvent présenter des caractéristiques génétiques que l'on retrouve peu couramment dans la nature.

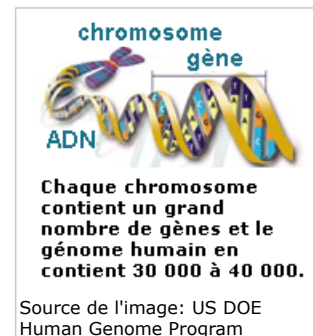
2. Comment les biotechnologies peuvent-elles s'appliquer à l'agriculture ?

2.1 Que sont les gènes ?

L'ADN présent dans toute cellule des organismes vivants renferme le code qui régule tous les processus biologiques.

Les gènes, qui contiennent l'information codée, ne représentent qu'une petite partie de l'ADN d'une cellule. Les cellules utilisent cette information pour produire des protéines qui sont les composants et instruments de base essentiels au bon fonctionnement des processus biologiques.

Le rôle de la partie restante de l'ADN n'est pas encore très clair. L'ADN dans les cellules est généralement organisé par paires de chromosomes correspondants, où un jeu de chromosomes provient de chaque parent. L'ensemble complet des chromosomes d'un organisme, soit l'entièreté de l'information génétique, s'appelle le génome.



Le projet de séquençage du génome humain (Human Genome Sequencing Project) a décodé l'information génétique contenue dans les cellules humaines. Ce projet a développé de nombreuses technologies et méthodes qui peuvent être appliquées à tous les organismes vivants. D'autres projets importants de séquençage du génome s'appuient sur la collaboration internationale pour étudier certaines plantes, comme le riz, considérées comme représentatives de leur groupe biologique.

2.2 Que peut-on retirer de l'étude des caractéristiques génétiques d'une espèce ?

2.2.1 Les percées les plus remarquables des biotechnologies agricoles proviennent de la recherche sur les mécanismes génétiques qui sous-tendent les caractéristiques ayant une importance économique, et de la génomique.

La génomique est l'étude de la structure complète du génome. Elle donne des informations sur la structure des gènes et sert donc de base pour comprendre la structure des protéines. Par conséquent, il est possible d'établir un modèle théorique de la biologie d'un organisme à partir d'une liste de ses gènes.

Comparer l'emplacement relatif des gènes sur les chromosomes et les séquences d'ADN dans différents organismes permettra de réduire de façon considérable le temps nécessaire à l'identification et la sélection de gènes potentiellement utiles. Pour la plupart des plantes de cultures, animaux d'élevage et maladies, certaines espèces ont été étudiées en tant qu'espèces modèles parce qu'elles peuvent être utilisées pour comprendre des organismes apparentés. Les connaissances sur les génomes des espèces modèles se développent rapidement.

2.2.2 Différentes espèces de plantes ont tendance à présenter des structures de génome très similaires en termes de contenu génétique et de l'agencement des gènes le long des chromosomes sont très similaires. Cette similarité porte le nom de « synthénie ». Cela signifie que l'on peut aisément déterminer l'emplacement d'un gène – qui définit des caractéristiques particulières – en comparant un génome à un autre. C'est pourquoi il n'est

pas crucial pour notre compréhension d'entreprendre le séquençage complet du génome de toutes les plantes de culture, avec les coûts importants que cela suppose.

Grâce au phénomène de synthénie, on peut désormais transférer tout ce que l'on sait d'une plante de culture du point de vue de la biochimie, de la physiologie et des gènes à d'autres de ces plantes. Cela revêt une importance particulière dans les cas des cultures de peu d'intérêt commercial qui sont utilisées dans l'agriculture de subsistance dans de nombreuses régions du monde. Ces cultures n'ont pas attiré les fonds pour la recherche que le blé, le riz et le maïs ont reçu au cours du siècle dernier.

2.3 Que sont les marqueurs moléculaires et comment sont-ils utilisés ?

2.3.1 Les marqueurs moléculaires sont des fragments d'ADN bien particuliers qui peuvent être identifiés au sein du génome complet. On trouve ces marqueurs à des endroits bien précis du génome. Ils sont utilisés pour signaler la position d'un gène spécifique ou l'héritage d'une caractéristique particulière. Dans un croisement génétique, les caractéristiques d'intérêt resteront généralement liées au marqueurs moléculaires. On peut donc sélectionner les individus dans lesquels le marqueur moléculaire est présent étant donné que ce marqueur indique la présence de la caractéristique recherchée.

2.3.2 On peut utiliser les marqueurs moléculaires pour sélectionner des spécimens de plantes ou d'animaux portant des gènes qui influent sur des traits économiquement importants tels que le rendement en fruits, la qualité du bois, la résistance aux maladies, la production de lait et de viande, ou la graisse corporelle. Mesurer de telles caractéristiques au moyen de méthodes conventionnelles est bien plus difficile, coûteux, et nécessite plus de temps puisque cela requiert que l'organisme grandisse jusqu'à maturité.

2.3.3 Les marqueurs moléculaires ont été utilisés pour sélectionner des spécimens de plantes afin de créer des variétés de mil chandelle résistantes au mildiou. Le mil chandelle est une plante cultivée pour ses céréales alimentaires et sa paille dans les zones les plus chaudes et les plus sèches d'Afrique et d'Asie.

2.3.4 Les marqueurs moléculaires sont utiles pour mesurer l'étendue de la variation au niveau génétique tant au sein d'une population qu'entre différentes populations. Cela permet d'orienter les activités de conservation génétique pour l'agriculture et l'élevage ainsi que la gestion des forêts et de la pêche.

Les enquêtes à l'échelle mondiale indiquent par exemple que 40% des variétés d'animaux d'élevage sont menacées d'extinction. La plupart de ces races ne sont présentes que dans les pays en développement et, bien souvent, on ne sait pas grand-chose d'elles ou de leur potentiel d'amélioration. Elles contiennent peut-être de précieux gènes capables de conférer des caractéristiques avantageuses, comme la résistance aux maladies, qui pourraient s'avérer utiles pour les générations futures. Les biotechnologies modernes peuvent contribuer à freiner la tendance à la perte de diversité génétique dans les secteurs de l'alimentation et de l'agriculture.

2.3.5 Les marqueurs moléculaires ont été largement utilisés pour identifier les caractéristiques génétiques d'organismes et pour obtenir leur «empreinte génétique». Une telle connaissance peut s'avérer très importante en matière de gestion des forêts, de conservation d'espèces en danger ainsi que d'élevage et de traçage d'animaux d'élevage.

2.4 Quelles techniques de laboratoires peuvent aider la sélection et la culture ?

2.4.1 Les jardiniers créent couramment de nouvelles plantes simplement en plantant des boutures de plantes existantes. La micropropagation, qui crée des plantes à partir de petits échantillons de plantes cultivés dans des éprouvettes, est simplement une variante plus sophistiquée et efficace de cette technique.



Recherche sur le blé (Indian Agricultural Research Institute)
Source: FAO

Il s'agit là, bien souvent, d'un moyen très efficace de produire un grand nombre de plantes presque identiques à partir d'une plante présentant les caractéristiques voulues. Cette technique est fort utilisée dans des centaines de laboratoires à travers le monde, notamment pour générer des plants de bananiers exempts de maladies, et elle pourrait potentiellement s'appliquer à la foresterie.

2.4.2 Pour la sélection in vitro, on cultive des cellules de plantes en laboratoire dans des conditions défavorables. Cela permet par exemple de sélectionner des cellules résistantes aux maladies ou tolérantes aux herbicides, aux métaux, au sel, ou encore aux basses températures, avant de faire pousser la plante toute entière. Toutefois, l'usage de la sélection in vitro reste peu utile pour certaines caractéristiques comme la qualité du bois ou la forme du tronc des arbres des forêts, ces caractéristiques n'apparaissant qu'une fois les plantes pleinement développées.

2.5 Comment transférer des caractéristiques d'une espèce à une autre ?

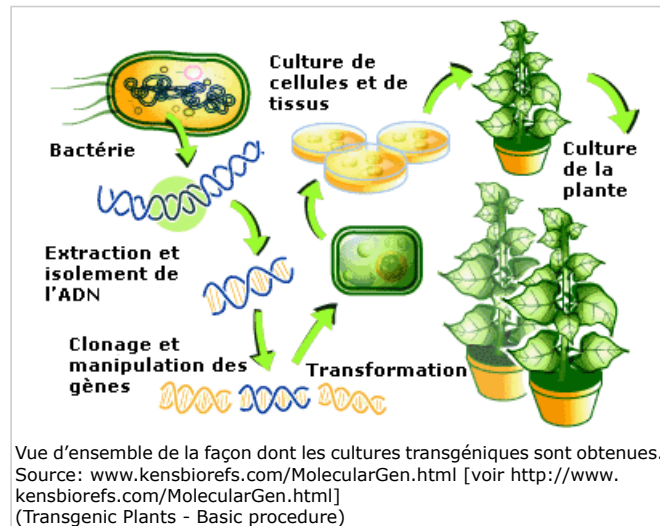
Le génie génétique se distingue de l'amélioration conventionnelle des plantes. Dans un croisement classique des plantes, la moitié des gènes d'un individu provient de chaque parent tandis qu'avec le génie génétique, un ou plusieurs gènes spécifiquement sélectionnés sont ajoutés au génome de la plante.

De plus, l'amélioration conventionnelle des plantes peut seulement combiner des plantes étroitement apparentées. Le génie génétique permet le transfert de gènes entre des organismes entre lesquels aucun croisement n'est normalement possible parce qu'ils ne sont pas génétiquement compatibles. Les gènes transférés sont appelés transgènes. Ils peuvent provenir d'une autre espèce de plantes ou même d'un organisme totalement différent (comme de bactéries, par exemple). Ces transgènes sont ensuite reproduits et hérités de la même manière que les gènes de plantes naturels.

La modification génétique de plantes utilise habituellement un type de bactéries ayant la capacité naturelle de transférer de l'ADN à certaines plantes.

Quand la bactérie infecte la plante, elle pénètre dans ses cellules et transfère l'ADN modifié à la plante.

On peut également introduire l'ADN par des moyens physiques. Transporté sur des particules microscopiques de tungstène et d'or, l'ADN est littéralement propulsé dans le noyau de la plante, grâce à un « pistolet à gènes ». Une fois que l'ADN atteint le noyau de la cellule, il s'insère au hasard dans l'un des chromosomes hôtes et peut exprimer la caractéristique voulue. On fait ensuite pousser la plante génétiquement modifiée à partir de la cellule transformée.



Le génie génétique a permis d'introduire un certain nombre de caractéristiques intéressantes d'un point de vue économique. La plupart des plantes de culture génétiquement modifiées utilisées jusqu'à présent ont des transgènes qui leur offre une résistance à des herbicides ou insectes. Afin d'améliorer la production agricole et la gestion des sols, la recherche se penche actuellement sur la façon d'élargir la gamme de caractéristiques transgéniques de sorte à inclure la résistance à la sécheresse, à la chaleur, au froid, à l'acidité des sols ainsi qu'aux métaux lourds. Ces caractéristiques augmenteront la gamme de sols et de conditions climatiques capables de supporter l'agriculture.

2.6 Quelles caractéristiques peuvent être transmises aux plantes ?

2.6.1 Les plantes transgéniques peuvent fournir de la nourriture plus riche en éléments nutritifs. Le riz transgénique « Golden », par exemple, contient deux gènes de jonquille et un d'une bactérie qui, ensemble, mènent à des niveaux plus élevés de provitamine A.

Un autre projet consiste à produire du riz présentant des niveaux plus élevés de provitamine A, de protéines et de fer. La « patate » est une pomme de terre génétiquement modifiée contenant plus de protéines que la normale parce qu'elle porte un gène de l'amarante, une plante comestible d'Amérique du sud. En Inde, où la pomme de terre constitue l'aliment de base des pauvres, la patate pourrait augmenter l'accès à certains acides aminés essentiels. Les opposants à ce projet argumentent que les pommes de terre ne contiennent que peu de protéines à la base, et que, dès lors, même si l'on double leur teneur en protéines, cela ne contribuerait que faiblement à résoudre le problème de la malnutrition en Inde.

D'autres projets visent à produire des huiles de plantes contenant moins d'acides gras indésirables ou à réduire les allergènes dans des aliments communs tels que les cacahuètes, le soja et les céréales. Les arbres ayant une plus faible teneur en lignine seraient utiles pour l'industrie papetière et diminueraient la quantité de substances chimiques polluantes utilisées dans les processus de production.

2.6.2 Dans plus de 30% des terres agricoles, principalement dans les pays en voie de développement, la **présence d'aluminium dans le sol** sous une certaine forme peut limiter la croissance des plantes. Afin de prévenir ces effets néfastes, l'approche habituelle consiste à ajouter de la chaux au sol afin d'en réduire l'acidité. Cependant, cette mesure est coûteuse et ses effets sont temporaires étant donné que l'aluminium reste dans le sol.

Une nouvelle approche consiste à développer de nouvelles variétés de plantes qui soient plus tolérantes à l'aluminium. Le seigle par exemple est quatre fois plus résistant à l'aluminium que le blé. On a identifié dans le seigle un gène qui contrôle la tolérance à l'aluminium et sa position sur le génome a été déterminée. Connaître l'emplacement de ce gène dans le génome du seigle peut aider à le localiser dans d'autres plantes de culture comme le blé. Ainsi, au sein d'une même espèce de plantes de culture, des individus plus résistants que d'autres à l'aluminium pourraient être identifiés et sélectionnés en vue d'être cultivés. Sinon, il est aussi possible de transférer le gène du seigle à d'autres espèces étroitement apparentées comme le blé.

Ces techniques pourraient être appliquées afin d'améliorer de nombreuses caractéristiques d'autres espèces de plantes de culture.

3. Quels sont les effets possibles de la sélection classique des plantes ?

Dans le cas des croisements classiques des plantes, peu d'attention a été accordée aux impacts potentiels de nouvelles variétés de plantes sur la sécurité sanitaire des aliments ou sur l'environnement. Les croisements classiques de plante et la sélection artificielle peuvent produire des combinaisons de gènes qui survivraient rarement dans la nature. Dans certains cas, ces combinaisons de gènes ont provoqué des effets négatifs sur la santé humaine. Par exemple, on a découvert qu'une variété cultivée de pommes de terre contenait des niveaux excessifs de toxines naturellement présentes.

Les impacts potentiels des plantes améliorées de façon conventionnelle sur l'environnement ou sur les variétés traditionnellement utilisées par les agriculteurs n'ont généralement pas fait l'objet de contrôles réglementaires. Certaines inquiétudes relatives au transfert de gènes entre plantes domestiques et sauvages suscitées par l'introduction de plantes génétiquement modifiées s'appliquent également aux cultures conventionnelles.

On cultive des plantes fortement domestiquées dans le monde entier et la migration hors des zones cultivées n'a provoqué de graves problèmes qu'à de rares occasions. Certains échanges de matériel génétique (flux de gènes) entre des plantes cultivées et des espèces sauvages qui leur sont apparentées ont été signalés, mais en général, cela n'a pas été considéré comme un problème.

4. Les aliments à base de plantes génétiquement modifiées sont-ils sains ?

4.1 Les aliments à base de plantes génétiquement modifiées sont-ils sains ?

La question de la sûreté des aliments génétiquement modifiés a été revue par le Conseil International pour la Science (CIUS ou ICSU, de l'anglais International Council of Scientific Unions) qui a basé son opinion sur 50 évaluations scientifiques indépendantes faisant autorité et réalisées dans différentes parties du monde. Les cultures génétiquement modifiées disponibles actuellement – et les aliments qui en sont dérivés – ont été jugés propres à la consommation et l'on considère que les méthodes employées pour les tester sont adéquates.

Des millions de personnes à travers le monde ont consommé des aliments dérivés de plantes génétiquement modifiées (principalement du maïs, du soja et du colza) et, à l'heure actuelle, aucun effet néfaste n'a été observé. Néanmoins, l'absence de preuves d'effets négatifs ne signifie pas que de nouveaux aliments modifiés génétiquement soient sans risques. On ne peut exclure la possibilité que des plantes génétiquement modifiées aient des effets à long terme et il convient donc de les examiner au cas par cas.

4.1.1 Des substances allergènes et des toxines se retrouvent dans certains aliments traditionnels et peuvent porter atteinte à la santé de certaines personnes, ce qui a soulevé des craintes que les aliments issus de plantes génétiquement modifiées puissent contenir des niveaux élevés d'allergènes et de toxines. Une analyse approfondie des aliments génétiquement modifiés disponibles actuellement sur le marché n'a pas confirmé ces inquiétudes. L'utilisation de gènes venant de plantes contenant des allergènes connus est découragée et si un produit transformé se révélait poser un risque accru d'allergies, il devrait être retiré. Chaque aliment nouveau, y compris ceux issus de plantes génétiquement modifiées, devrait faire l'objet d'une évaluation prudente.

4.1.2 Une des inquiétudes relatives à la sécurité sanitaire des aliments concerne le transfert potentiel de gènes à partir d'aliments consommés aux cellules humaines ou aux micro-organismes à l'intérieur du corps.

De nombreuses plantes génétiquement modifiées ont été créées en utilisant des gènes conférant une résistance aux antibiotiques comme marqueurs. C'est pourquoi, en plus de présenter les caractéristiques désirées, ces plantes génétiquement modifiées contiennent des gènes conférant une résistance aux antibiotiques. Si, dans le système digestif, ces gènes devaient passer d'un produit alimentaire à des cellules humaines ou à des bactéries, cela pourrait entraîner le développement de souches de bactéries résistantes aux antibiotiques. Bien que les scientifiques estiment que la probabilité d'un tel transfert soit extrêmement faible, l'utilisation de gènes conférant une résistance aux antibiotiques est découragée.

On développe actuellement des méthodes par lesquelles l'ADN transgénique présent dans les plantes génétiquement modifiées peut être limité au strict minimum. Certaines de ces techniques impliquent l'élimination complète du marqueur génétique une fois le processus de sélection effectué.

4.1.3 Les scientifiques conviennent généralement que le génie génétique peut offrir certains bienfaits pour la santé des consommateurs. Des **bienfaits directs** peuvent être liés à une amélioration de la qualité nutritionnelle des aliments et à une réduction de la présence de composés toxiques et d'allergènes dans certains aliments.

Des **bienfaits indirects pour la santé** peuvent être liés à une moindre utilisation de pesticides, des plantes moins endommagées par les insectes et les maladies, plus de denrées alimentaires disponibles à un prix abordable ainsi que l'élimination de composés toxiques présents dans les sols. Il convient de mieux documenter ces bienfaits directs et indirects.

4.2 Comment la sécurité des aliments transgéniques devrait-elle être évaluée ?

L'introduction d'aliments nouveaux ou modifiés, comme les aliments génétiquement modifiés, requiert une analyse des risques étant donné que toute activité suppose un risque et que, dans certains cas, l'inaction comporte également un risque.

Les autorités nationales et la FAO/OMS ont établi plusieurs lignes directrices pour l'évaluation de la sécurité sanitaire des aliments dérivés de plantes génétiquement modifiées. Dans ces évaluations, on compare l'aliment génétiquement modifié à son homologue conventionnel, lequel est généralement considéré comme sûr en raison de son long passé d'utilisation. On compare dans quelle mesure les différents types d'aliments peuvent provoquer des effets néfastes ou des allergies et combien d'éléments nutritifs ils contiennent.

Les scientifiques préconisent que les évaluations de sécurité sanitaire des aliments soient effectuées au cas par cas avant que l'aliment génétiquement modifié ne soit lancé sur le

marché, la surveillance post-commercialisation étant plus difficile et coûteuse. Les processus d'évaluation de sécurité sanitaire devraient être transparents, intégralement documentés et ouverts à l'examen du public, tout en respectant le souci légitime de protection des informations commerciales confidentielles.

4.3 Comment convient-il d'étiqueter les aliments génétiquement modifiés ?

Les consommateurs peuvent souhaiter sélectionner des aliments conventionnels sur base de certains critères, tels que les méthodes de production (produits biologiques ou issus du commerce équitable, par exemple), des principes religieux (nourriture kasher, par exemple) ou la présence d'allergènes connus (par exemple, les cacahuètes).

Préciser sur l'étiquette d'un aliment s'il est génétiquement modifié ou non peut permettre au consommateur de faire un choix quant au procédé utilisé pour produire l'aliment. Cela ne donne toutefois aucune information ni sur le contenu des aliments ni sur les risques ou avantages qu'un aliment particulier pourrait comporter. Un étiquetage plus informatif expliquant comment l'aliment a été transformé et quels sont les changements dans sa composition qui en résultent pourrait permettre aux consommateurs d'apprécier ces risques et avantages.

Les lignes directrices de la FAO/OMS (qui en sont toujours à un stade préliminaire) proposent d'étiqueter les aliments génétiquement modifiés

1. quand ils sont considérablement différents de leurs homologues conventionnels,
2. quand ils contiennent des protéines ou de l'ADN résultant de l'application de technologies de modification génétique, et
3. lorsqu'ils sont produits à partir d'organismes génétiquement modifiés, d'ADN génétiquement modifié ou de protéines génétiquement modifiées, sans en contenir.

5. Quels pourraient être les effets des cultures transgéniques sur l'environnement ?

5.1 Quels pourraient être leurs effets directs sur l'environnement ?

L'agriculture, quelle qu'elle soit - de subsistance, biologique ou intensive - a un impact sur l'environnement. On s'attend donc à ce que l'utilisation de nouvelles techniques génétiques en agriculture ait aussi des répercussions sur l'environnement.

Le génie génétique peut accélérer les dommages causés par l'agriculture, avoir le même impact que l'agriculture conventionnelle, ou contribuer à des pratiques agricoles plus durables et à la conservation des ressources naturelles, y compris la biodiversité.



Paysan dans un champ de maïs en Bolivie
Source: FAO

Bien que les scientifiques soient divisés sur l'appréciation de ces risques, ils s'entendent sur le fait que les impacts environnementaux doivent être évalués au cas par cas. Ils recommandent une surveillance écologique afin de déceler toute manifestation imprévue une fois que les plantes sont cultivées dans l'environnement.

5.1.1 Le flux de gènes horizontal désigne un transfert de gènes, généralement par le biais de pollen, à partir d'espèces de plantes cultivées vers des plantes sauvages qui leur sont apparentées (et vice versa). Cela peut se produire aussi bien avec des plantes conventionnelles qu'avec des plantes génétiquement modifiées.

Toutefois, dans le monde, bon nombre des principales plantes cultivées pour produire des aliments ne sont pas originaires de leurs zones de production et il n'y a dès lors pas de proches parents sauvages auxquels elles pourraient transférer leurs gènes. Par exemple, les pommes de terre (originaires d'Amérique du sud) et le maïs (originaires du Mexique) n'ont pas de parents sauvages en Europe. Dans ces cas-là, le transfert génétique horizontal vers des plantes sauvages apparentées est impossible. Aux États-Unis, le coton et le maïs n'ont pas de parents sauvages, tandis que les tournesols, les courges et les radis en ont, ce qui fait de ces derniers des candidats potentiels pour le flux de gènes.

En général, le flux de gènes entre les plantes cultivées et leurs homologues sauvages n'est pas considéré comme un problème environnemental, à moins qu'il n'entraîne des conséquences indésirables. De plus, on s'attend à ce que le flux de gènes de plantes cultivées à leurs homologues sauvages produise des hybrides qui présentent des caractéristiques avantageuses dans un environnement agricole, mais qui ne s'épanouissent pas dans la nature. En Grande-Bretagne par exemple, aucun hybride entre une plante cultivée et une plante sauvage apparentée ne s'est jamais avéré envahissant.

À l'avenir, il se peut que des plantes génétiquement modifiées soient conçues de manière à empêcher le flux de gènes vers d'autres plantes. C'est important pour la coexistence des cultures génétiquement modifiées et conventionnelles et ça peut l'être tout particulièrement pour les plantes génétiquement modifiées produisant des substances d'intérêt pour la médecine ou l'industrie. Les stratégies de gestion visant à contrôler le flux de gènes consistent notamment à éviter de planter des cultures transgéniques dans des lieux où des plantes sauvages apparentées sont présentes, voire à instaurer des zones-tampons afin d'isoler les variétés transgéniques de leurs homologues conventionnels ou « bio »

5.1.2 Les plantes porteuses d'un gène spécifique "Bt" produisent une toxine qui tue les insectes nuisibles qui se nourrissent d'elles mais qui est inoffensive pour les humains et d'autres espèces qui ne sont pas considérées comme étant des insectes nuisibles. Le B est utilisé comme insecticide naturel dans l'agriculture biologique.

Une controverse est née autour des plantes Bt à propos des dommages potentiels que le pollen venant de ces plantes pourrait causer à des espèces utiles (comme le papillon monarque). Toutefois, une série d'études de suivi ont conclu que, sur le terrain, le Bt risque que le pollen de maïs Bt porte atteinte aux chenilles de papillon monarque est très faible, surtout en comparaison aux autres menaces comme les pesticides conventionnels et la sécheresse.

Dans les champs, on n'a observé à ce jour aucun effet négatif notable sur des espèces sauvages non ciblées ni aucun effet à long terme de concentrations plus élevées de Bt dans le sol. Néanmoins, les opinions scientifiques divergent sur la quantité de preuves nécessaires pour démontrer que la culture d'espèces Bt peut s'inscrire dans une agriculture durable sur le long terme.

C'est pourquoi les scientifiques préconisent de continuer à surveiller ces effets éventuels et de comparer les effets du gène Bt sur les cultures avec les effets d'autres pratiques agricoles courantes telles que l'utilisation de pesticides chimiques.

5.2 Quels pourraient être leurs effets indirects sur l'environnement ?

5.2.1 Les scientifiques s'entendent pour dire que l'utilisation de pesticides et d'herbicides agricoles conventionnels a endommagé les habitats des oiseaux des champs, des plantes sauvages et des insectes et a fortement réduit leurs effectifs.

Les cultures génétiquement modifiées peuvent avoir des **effets indirects** sur l'environnement suite aux changements dans les pratiques agricoles ou environnementales liées aux nouvelles variétés.



Agriculteur aspergeant de pesticide des jeunes plants de riz au Laos.
Source: FAO

Toutefois, la question de savoir si l'effet net de ces changements s'avèrera positif ou négatif reste sujet à controverse. Dès lors, il est nécessaire d'effectuer davantage d'analyses comparatives entre nouvelles technologies et pratiques agricoles actuelles.

Les paragraphes suivants explorent des avantages possibles pour l'environnement:

5.2.2 L'utilisation de cultures génétiquement modifiées résistantes aux insectes – en raison du gène Bt qu'elles portent – a réduit l'usage d'insecticide sur le maïs, le coton et le soja. Les avantages pour l'environnement se traduisent notamment par une moindre contamination des réserves d'eau et moins de dommages causés aux insectes non ciblés. Cela peut être bénéfique pour la biodiversité, par rapport aux cultures conventionnelles qui reçoivent régulièrement des applications de pesticides à large spectre. En Chine, la réduction des pulvérisations de pesticides chimiques a entraîné une amélioration de la santé des travailleurs agricoles.

5.2.3 L'adoption de cultures génétiquement modifiées tolérantes à certaines formes moins toxiques d'herbicides a donné lieu à un changement marqué dans l'utilisation des herbicides en faveur de ces formes moins toxiques. Néanmoins, la quantité totale d'herbicides utilisée a augmenté. Les scientifiques s'entendent pour dire que les cultures tolérantes aux herbicides encouragent l'agriculture à faible labour (ce qui limite l'utilisation de charrues), avec les avantages en termes de conservation des sols qui en découlent. En revanche, un usage accru d'herbicides – même de catégories moins toxiques – pourrait nuire davantage encore aux habitats des oiseaux des champs et d'autres espèces.

Selon des évaluations approfondies de l'incidence de cultures transgéniques résistantes aux herbicides effectuées au Royaume-Uni, à l'échelle des exploitations, la commercialisation de ces cultures aurait toute une série d'impacts sur les mauvaises herbes et, par conséquent, des effets sur les herbivores, les insectes pollinisateurs et les autres populations qui s'en nourrissent. Les effets observés sur la biodiversité variaient pour différentes espèces génétiquement modifiées, avec des effets négatifs dans le cas de la betterave sucrière, des effets positifs dans le cas du maïs, et aucun effet dans le cas du colza. Les scientifiques reconnaissent que les éléments de preuve ne sont pas suffisants pour prédire quelles seront les conséquences à long terme de ces cultures génétiquement modifiées.

5.2.4 L'utilisation généralisée d'herbicides et de cultures résistantes aux insectes pourrait entraîner **l'émergence d'insectes et de mauvaises herbes résistants**. Cela s'est souvent produit suite à la pulvérisation d'herbicides et d'insecticides conventionnels. Plusieurs espèces de mauvaises herbes ont développé une résistance à certains herbicides particuliers utilisés de façon généralisée sur des cultures génétiquement modifiées résistantes aux herebicides. De la même façon, les cultures Bt résistantes aux insectes pourraient entraîner l'émergence d'insectes résistants au Bt. L'ampleur et la gravité possible des impacts d'insectes et de mauvaises herbes résistants font l'objet d'une recherche scientifique continue.

5.2.5 On est actuellement en train de développer des nouvelles cultures génétiquement modifiées pouvant résister à des **stress environnementaux** tels que la sécheresse, la salinité de certains sols ou encore la présence d'aluminium dans l'environnement. Elles pourraient permettre de cultiver des sols qui, à l'heure actuelle, n'offrent qu'un faible rendement agricole. Les scientifiques conviennent que ces cultures peuvent être soit avantageuses, soit nuisibles pour la société, en fonction de la plante cultivée, de son trait caractéristique et de l'environnement.

5.3 Comment évaluer ces effets sur l'environnement ?

Il y a un large consensus qui veut que les plantes génétiquement modifiées devraient être évaluées au moyen de procédures d'évaluation basées sur la science et au cas par cas, en fonction de l'espèce, de la caractéristique et de l'écosystème agricole. L'utilisation de plantes génétiquement modifiées devrait être comparée à d'autres pratiques agricoles et options technologiques, en particulier à l'agriculture conventionnelle, laquelle a déjà eu un impact considérable sur l'environnement.

Les procédures et les directives internationales d'évaluation des OGM sont bien développées en matière de sécurité sanitaire des aliments mais pas en ce qui concerne les impacts environnementaux. A titre d'exemple, la Commission du Codex Alimentarius de la FAO/OMS constitue un forum international pour l'élaboration de lignes directrices en matière de sécurité sanitaire des aliments.

En l'absence de lignes directrices internationales, les évaluations des impacts environnementaux diffèrent dans:

- l'interprétation des données ainsi que dans la définition de ce qui constitue un risque ou un dommage environnemental,
- la base de comparaison utilisée: on compare l'utilisation de cultures génétiquement modifiées soit avec l'agriculture conventionnelle, soit avec des milieux non cultivés.
- la mesure dans laquelle les essais à petite échelle en laboratoire ou sur le terrain sont valables et peuvent être extrapolés à grande échelle.

La communauté scientifique préconise davantage de recherche et une meilleure surveillance en ce qui concerne les effets post-diffusion des cultures transgéniques.

6. Quelles sont les implications des technologies génétiques pour les animaux ?

6.1 Quels sont les effets possibles des aliments transgéniques pour animaux ?

Les cultures génétiquement modifiées et les enzymes issus de micro-organismes génétiquement modifiés sont largement utilisés dans les aliments pour animaux. Les « aliments composés » sont principalement utilisés pour les volailles, les porcs et les vaches laitières et contiennent toute une gamme d'ingrédients tels que le maïs et d'autres céréales ainsi que des oléagineux tels que le soja et le colza. Actuellement, une part importante du soja, du colza et du maïs produits est génétiquement modifiée.

Dans de nombreux pays, des études d'évaluation de la sécurité alimentaire ont comparé les nouveaux aliments génétiquement modifiés pour animaux avec leurs homologues conventionnels. Ces comparaisons abordent notamment la composition nutritionnelle des

aliments et leurs effets sur les animaux qui s'en nourrissent, de même que sur les humains qui consomment le produit d'origine animale ainsi obtenu.

Les études se sont également penchées sur le sort de l'ADN modifié dans le système digestif de l'animal. Les résultats indiquent que tant l'ADN que les protéines modifiés se décomposent rapidement dans le système digestif. Par ailleurs, aucun effet néfaste n'a été signalé, que ce soit sur la croissance, le poids, la conversion des aliments, la composition en nutriments, ou encore sur la production de lait de l'animal. Un examen de la FAO a conclu qu'un transfert de gènes de plantes génétiquement modifiées à des bactéries pathogènes est extrêmement improbable. Néanmoins, il recommande de ne pas utiliser dans les plantes génétiquement modifiées des gènes qui déterminent la résistance à des antibiotiques essentiels pour traiter les infections humaines.

6.2 Quels sont les effets possibles des animaux transgéniques ?

En 2004, **aucun animal génétiquement modifié** n'a encore été utilisé en agriculture commerciale où que ce soit dans le monde. Néanmoins, on étudie la possibilité de transférer des caractères transgéniques dans plusieurs espèces d'élevage et espèces aquatiques.

Les rapports abordant ces problèmes environnementaux potentiels préconisent que les animaux génétiquement modifiés soient évalués en les comparant avec leurs équivalents conventionnels.



Le génie génétique peut accélérer la croissance du saumon.
Source: FAO

Les répercussions négatives sur l'environnement causées par des animaux génétiquement modifiés échappés dans la nature sont moins probables dans le cas d'animaux d'élevage que dans le cas des poissons. Cela est dû au fait que la plupart des espèces d'animaux d'élevage n'ont plus de parents sauvages proches et que la reproduction des animaux d'élevage se fait généralement au sein de troupeaux encadrés.

L'utilisation d'animaux transgéniques pourrait également avoir des répercussions sur l'environnement à travers des changements dans les animaux eux-mêmes ou dans les pratiques d'élevage qui leur sont associées. Les modifications transgéniques pourraient par exemple réduire la quantité d'excréments et d'émissions de méthane produite par les animaux d'élevage et les espèces d'aquaculture. En outre, elles pourraient accroître leur résistance aux maladies, favorisant ainsi une baisse de l'utilisation d'antibiotiques. Toutefois, certaines modifications génétiques pourraient aboutir à une intensification de la production animale qui s'accompagnerait d'une augmentation de la pollution. La question de la nocivité pour l'environnement est donc considérée comme étant moins une question de technologie proprement dite qu'une question de capacité de gestion de cette technologie.

L'un des facteurs supplémentaires à prendre en compte par rapport aux biotechnologies appliquées aux espèces d'élevage est l'effet possible sur le bien-être des animaux. À l'heure actuelle, la production d'animaux transgéniques et clonés est extrêmement difficile. En effet, elle présente une mortalité élevée au premier stade du développement embryonnaire et un taux de réussite de seulement 1 à 3 %. De plus, chez les animaux transgéniques nés, les gènes insérés peuvent ne pas fonctionner comme prévu, aboutissant souvent à des anomalies anatomiques, physiologiques et comportementales.

C'est pourquoi, outre les considérations économiques, les biotechnologies appliquées aux espèces d'élevage doivent prendre en compte les répercussions possibles sur l'environnement ou sur le bien-être des animaux.

7. Les OGM sont-ils régis par des accords internationaux ?

7.1 Comment le commerce agricole international est-il réglementé ?

Les possibilités d'échanges agricoles ont considérablement augmenté ces dernières années suite aux réformes de l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC) qui étaient principalement axées sur la réduction des tarifs et des subventions dans divers secteurs. L'**Accord de l'OMC sur l'application des mesures sanitaires et phytosanitaires** (Accord SPS), adopté en 1994, stipule que les pays conservent leur droit à veiller à ce que les produits alimentaires d'origine animale et végétale qu'ils importent soient sans danger. En même temps, il indique que les pays ne doivent pas utiliser de mesures indûment restrictives qui soient des entraves déguisées au commerce international.

L'Accord indique que les pays devraient appliquer des normes établies sur le plan international et identifie trois organismes établissant des normes internationales : la Commission du Codex Alimentarius pour la sécurité sanitaire des aliments, l'Organisation Mondiale de la Santé Animale (OIE) pour la santé animale et la Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV) pour la santé végétale.

7.2 Quelles conventions traitent des effets des OGM sur l'environnement ?

Plusieurs accords internationaux ont trait aux aspects environnementaux de certains organismes génétiquement modifiés (OGM), accords parmi lesquels la Convention sur la diversité biologique (CDB), le Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques (2003) et la Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV).

7.2.1 La **Convention sur la diversité biologique** (CDB) s'intéresse principalement à la conservation et à l'utilisation durable des écosystèmes, mais aborde également les effets des OGM sur l'environnement.

Le **Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques** a été adopté par la CDB et est entré en vigueur en 2003. Le Protocole prévoit une Procédure d'accord préalable pour les introductions intentionnelles d'espèces dans l'environnement qui pourraient avoir des effets négatifs sur l'environnement. Dans le cas de plantes génétiquement modifiées, elle régit tout particulièrement les mouvements transfrontaliers. Ces mouvements requièrent une notification préalable de la partie exportatrice et un accusé de réception de la partie importatrice.



Le Protocole stipule en détails les dispositions spécifiques à prendre concernant la manutention, l'étiquetage, l'emballage et le transport des plantes génétiquement modifiées. Il exige également de notifier toutes les informations pertinentes au Centre d'échange pour la prévention des risques biologiques, un mécanisme international établi en vertu du Protocole.

7.2.2 L'objectif principal de la Convention internationale pour la protection des végétaux (CIPV) est d'assurer une action internationale commune en vue de prévenir la propagation d'insectes nuisibles aux plantes et aux produits dérivés de ces plantes. Par ailleurs, elle joue également un rôle dans la conservation de la diversité végétale ainsi que dans la

protection des ressources naturelles. S'agissant des OGM, la CIPV a identifié des risques potentiels liés aux insectes nuisibles que l'on devrait prendre en compte, dont:

1. les nouvelles caractéristiques génétiques pouvant rendre des espèces envahissantes (résistance à la sécheresse, tolérance aux herbicides, résistance des insectes nuisibles),
2. le flux de gènes (transfert de gènes à des espèces sauvages apparentées ou à d'autres espèces compatibles) et
3. les effets sur des organismes non ciblés (insectes ou oiseaux utiles).

8. Conclusions

8.1 Conclusions sur les biotechnologies agricoles

D'une part, les biotechnologies agricoles peuvent être perçues comme un complément à l'agriculture conventionnelle ; elles constituent un instrument scientifique pouvant assister les programmes d'amélioration des plantes ainsi que la conservation des ressources génétiques, et pouvant améliorer le diagnostic et le traitement de maladies animales et végétales. D'autre part, elles peuvent être vues comme une rupture considérable par rapport à l'agriculture conventionnelle dès lors qu'elles permettent le transfert de matériel génétique entre des organismes qui, normalement, ne se mélangeraient pas.

En fait, les biotechnologies agricoles sont ces deux choses à la fois, puisqu'elles ne peuvent exister sans les techniques de l'agriculture conventionnelle. Pour obtenir des résultats intéressants, elles ont besoin à la fois des méthodes d'amélioration classique des plantes ainsi que de l'information issue de la génomique. Les biotechnologies agricoles ont des répercussions internationales et pourraient revêtir une importance croissante pour les pays en voie de développement¹. Cependant, elles ont vu le jour dans les pays développés et ceux-ci continuent à dominer cette technologie. Dès lors, la recherche a tendance à se focaliser sur les cultures d'intérêt pour les pays développés plutôt que pour les pays en voie de développement, ces derniers ne disposant généralement pas des fonds et des programmes de sélection nécessaires aux technologies de modification génétique.

¹ L'Inde, la Chine, l'Argentine et le Brésil sont quelques exemples de pays qui poursuivent des programmes de développement biotechnologiques.

8.2 Conclusions sur les effets environnementaux et sanitaires

A ce jour, les pays ayant introduit des cultures génétiquement modifiées dans leurs champs n'ont signalé aucun impact négatif notable sur la santé ou l'environnement. Les papillons monarques n'ont pas subi de dommages notables. Les insectes nuisibles n'ont pas développé de résistance au Bt. Certaines mauvaises herbes résistantes aux herbicides ont été observés, mais il n'y a pas eu d'invasion des terres agricoles ni des écosystèmes naturels par des « super mauvaises herbes ». Au contraire, on voit apparaître certains avantages importants sur les plans environnemental et social. Ainsi, les agriculteurs utilisent moins de pesticides ou utilisent des produits moins nocifs, réduisant par là même les dommages causés aux réserves d'eau ainsi qu'à la santé des travailleurs et permettant le retour dans les champs d'insectes utiles.

Entretemps, des solutions d'ordre technique et de gestion ont été trouvées pour répondre à certaines des préoccupations liées à la première génération de cultures génétiquement modifiées, comme la résistance aux antibiotiques.

Cependant, le fait qu'aucun effet négatif n'ait été observé jusqu'à présent ne veut pas dire que de tels effets ne peuvent pas se produire. C'est pourquoi les scientifiques recommandent de poursuivre la recherche.

La FAO soutient un système d'évaluation à base scientifique qui déterminerait de manière objective les avantages et les risques de chaque OGM considéré individuellement. Il faut, pour cela, une approche prudente et au cas par cas afin de prendre en compte les préoccupations légitimes en matière de biosécurité avant la diffusion d'un produit ou processus. Il convient d'évaluer les effets possibles sur la diversité biologique, l'environnement et la sécurité sanitaire des aliments, et dans quelle mesure les avantages du produit ou du processus l'emportent sur les risques estimés. Le processus d'évaluation doit également prendre en considération l'expérience acquise par les autorités réglementaires nationales dans l'agrément de tels produits. Il est en outre essentiel de surveiller avec attention les effets de ces produits et processus après leur diffusion, afin de garantir qu'ils restent sans danger pour les êtres humains, les animaux et l'environnement.

"La science ne peut pas déclarer une technologie, quelle qu'elle soit, totalement exempte de risques. Les cultures issues du génie génétique peuvent réduire certains risques pour l'environnement liés à l'agriculture conventionnelle; toutefois, elles introduiront aussi de nouveaux défis, qu'il faudra affronter. C'est à la société qu'il appartiendra de déterminer dans quelles circonstances le génie génétique présente la sécurité voulue" (FAO 2004).

Annexe

Annexe 1:

Tableau 1 : Chronologie des technologies agricoles

Technologie	Epoque	Interventions génétiques
Traditionnelle	Vers 10 000 av. J.-C.	Plusieurs civilisations récoltent des variétés naturelles, domestiquent des plantes et des animaux et commencent à sélectionner du matériel végétal destiné à la plantation et des animaux pour l'élevage.
	Vers 3 000 av. J.-C.	Brassage de la bière, fabrication de fromage et vinification.
Conventionnelle	Fin du XIX ^e siècle	Gregor Mendel, en 1865, découvre les principes de l'hérédité et jette les fondements des méthodes d'élevage classiques.
	Années 1930	Mise au point de cultures commerciales hybrides.
	Années 1940 à 1960	Recours à la mutagenèse, à la culture tissulaire et à la régénération des plantes. Découverte de la transformation et de la transduction. Watson et Crick découvrent la structure de l'ADN en 1953. Identification des gènes mobiles (transposons).
Moderne	Années 1970	Apparition du transfert de gènes grâce aux techniques à ADN recombinés. Utilisation du sauvetage d'embryons et de la fusion des protoplastes pour l'amélioration des plantes et de l'insémination artificielle pour la reproduction animale.
	Années 1980	L'insuline est le premier produit commercial obtenu par transfert de gènes. Recours à la culture tissulaire pour la plantation massive de végétaux et au transfert d'embryon pour la production animale.
	Années 1990	Prise d'empreinte génétique d'un large éventail d'organismes. Premiers essais sur le terrain de variétés végétales génétiquement modifiées en 1990, suivis du premier lancement commercial en 1992. Vaccins et hormones génétiquement modifiés et clonage d'animaux.
	Années 2000	Bioinformatique, génomique, protéomique, métabolomique.

Source: Adapté de van der Walt (2000) et FAO (2002)

Source : FAO "La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2003-2004"
 Chapitre 2: Que sont les biotechnologies agricoles ? [voir <http://www.fao.org/docrep/006/y5160f/y5160f07.htm>]
 Section Compréhension, caractérisation et gestion des ressources génétiques

Partenaire ayant collaboré à cette publication

La traduction des niveaux 1 & 2 a été réalisée avec le soutien financier de la Direction du Développement et de la Coopération du Département Fédéral des Affaires Etrangères de la Suisse.

