

S o m m a i r e
g é n é r a l

Les Plantes Génétiquement Modifiées
Un clef pour l'avenir

Préface

Introduction

I. Un progrès continu des techniques au service de l'alimentation

Section I : Les enjeux de l'alimentation et de la démographie

A - La situation alimentaire

A-1 Modifier le vivant : une pratique millénaire dans le domaine agricole

A-2 L'ordre alimentaire mondial

B - De quelles ressources disposons-nous pour l'agriculture ?

B-1 La révolution verte

B-2 La terre - nourrir et protéger les sols - la gestion de l'eau

Section II : Les nouveaux outils des biotechnologies au service de l'alimentation

C - Qu'appelle-t-on biotechnologies ? Qu'est-ce que le génie génétique ?

C-1 Les biotechnologies : définitions

C-2 Les biotechnologies : domaines d'application principaux dans le monde végétal

C-3 Le génie génétique : principe et techniques de transferts de gène dans une plante

II. Les biotechnologies : effets attendus dans la production agro-alimentaire

Section I : L'homme produit mieux : les avancées technologiques de la révolution verte aux biotechnologies

A - Progrès dans les pratiques culturales depuis 30 ans

A-1 Les progrès dans la sélection des espèces cultivées : le rôle de l'amélioration des plantes

A-2 Une meilleure gestion des sols

B - Les bénéfices issus des biotechnologies

B-1 Le maïs Bt constitue une des alternatives pour lutter contre les insectes nuisibles

B-2 Lutter contre les mauvaises herbes dans de meilleures conditions : les plantes rendues tolérantes à certains herbicides

B-3 La résistance aux virus et aux champignons

B-4 Vers une amélioration qualitative

C - Les plantes, usines à médicament

C-1 Une meilleure sécurité

C-2 Perspectives

Section II : L'homme s'alimente mieux : le consommateur au coeur de ces évolutions

A - Les nouvelles exigences et attentes alimentaires du consommateur

A-1 Les nouvelles habitudes alimentaires

A-2 Les critères d'achat alimentaire

B - Les produits issus des biotechnologies

B-1 Les nouveaux produits

B-2 Les produits en cours de développement

C - La sécurité alimentaire : la notion d'équivalence en substance

III. Environnement et biotechnologies

A - La notion de flux de gènes des plantes améliorées vers les autres espèces

- A-1 Les risques potentiels et leur évaluation
- A-2 La possibilité de croisements entre espèces différentes
- A-3 La possibilité de transfert vers la flore microbienne

B - La contribution des biotechnologies au développement durable

- B-1 Les effets directs liés à l'activité agricole elle-même
- B-2 Les effets obtenus pour l'activité industrielle
- B-3 Des organismes modifiés génétiquement pour extraire des substances polluantes des sols
- B-4 Un outil supplémentaire pour la protection raisonnée des cultures

IV. Les termes du débat

A - Cinq catégories d'acteurs

- A-1 Les politiques
- A-2 Les industriels
- A-3 La communauté scientifique
- A-4 Les consommateurs
- A-5 Les associations et autres organisations non gouvernementales

B - Situation géopolitique : l'attitude des différents pays

C - Le cadre juridique

- C-1 La législation européenne : transcription nationale
- C-2 Les instances de décision et de contrôle en France
- C-3 L'état de la législation américaine

D - Les enjeux économiques

Conclusion

Bibliographie sélective

P r é f a c e

Les Plantes Génétiquement Modifiées Une clef pour l'avenir

Trop souvent, lorsqu'il ne confond pas écologie et résidence secondaire, l'homme moderne se lamente, de façon convenue, sur la détérioration des conditions de la survie sur notre planète; il s'attend à tout moment à voir se réaliser un de ces scénarios catastrophe fleurant bon les idéologies tendancieuses, et même à se voir disparaître, en tant qu'espèce, bien sûr, mais également en tant qu'individu. On peut concevoir ce que cette perspective a d'angoissant.

Pourtant, grâce aux travaux des savants qui se sont penchés sur notre histoire et sur l'histoire de notre planète, il a pu être établi que le maintien de la vie sur la Terre n'est possible que grâce au dynamisme des échanges proies-prédateurs. Dès la constitution d'un groupe, fut-il constitué d'organismes microscopiques ou de reptiles géants, le problème de l'adéquation des ressources et des besoins s'est posé, parfois de façon aiguë.

Cette nécessité d'optimiser les réponses aux contraintes du milieu a forcé les organismes à s'adapter et à évoluer. Des comportements "sociaux" se sont instaurés, comparables à des systèmes économiques, -serait-on tenté d'écrire- de manière à sauvegarder le groupe, et en cas de pénurie particulièrement sévère, les individus les plus aptes à pérenniser l'espèce.

A son origine, l'homme a dû reconnaître dans la nature ce qui lui serait utile pour survivre. Chasseur - cueilleur, il lui a suffi longtemps d'observer, d'expérimenter -au prix de combien d'erreurs fatales, tragiques- les ressources que pouvait lui assurer son environnement. Ces récoltes "de hasard", n'étant pas toujours à la mesure des besoins du groupe, il a fallu, déjà, innover, et "inventer" pour assurer nourriture et confort, à chacun de ses membres : l'homme s'est fait pasteur et agriculteur.

Il a commencé à se fixer dans des sites favorables, et à s'agréger en communautés de plus en plus vastes. Assuré de ses bases, il s'est aventuré de plus en plus loin, puis a commencé à troquer ses biens contre des biens "exotiques", et à conquérir... parfois par la force, ce qu'il ne trouvait pas en quantité suffisante chez lui. Ce processus s'est répété avec des fortunes diverses, et c'est ainsi qu'à l'aube du XXI^e siècle, l'Homme se trouve bel et bien confronté, ici, à la pénurie parfois dramatique de biens de toute première urgence, et là, à une surpopulation urbaine qui risque de tuer les âmes avant de ruiner les corps, qu'il faudra bien, pourtant, nourrir.

Le concept d'aménagement a enfin été introduit dans l'étude du devenir de notre territoire, et "l'on peut Espérer qu'il s'inspirera de réalisations, de conceptions, de compromis sérieusement établis, reposant sur les Conseils non seulement d'architectes, de technocrates ou d'économistes, mais d'écologistes, de biologistes, de forestiers et de médecins".

Il ne fait pas de doute que les premiers de ces conseils seront de gérer judicieusement les ressources renouvelables, en tenant compte des ressources disponibles et de la démographie. Cependant, pour éviter que le rythme de la consommation dépasse les capacités de renouvellement de ces ressources, l'homme doit inventer, à nouveau.

Par chance, il a en lui des possibilités considérables, dépassant l'ingéniosité pure, et si les erreurs et les balbutiements qui se produisent fatalement sont assurés d'un grand retentissement médiatique, il n'en va pas de même pour les progrès réels, que l'on considère rapidement comme un dû, ni pour l'extraordinaire arsenal de "garde-fous" mis en place par les responsables du développement.

Les formules chocs, les images qui frappent, les mots qui pèsent, affolent, bien souvent à dessein, les publics pressés, peu enclins à la réflexion, en tout cas peu disposés à apprendre et à remettre en cause ce qu'ils croient savoir.

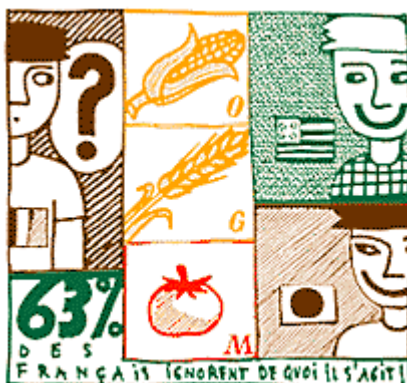
S'il convient bien entendu de se garder de toute manipulation hasardeuse, il faut absolument être attentif à ce que tout le progrès technologique peut apporter de positif, pour ne pas dire de vital. Ce "livre blanc" a l'immense mérite d'expliquer, clairement, sans passion, tous ces possibles et de faire le point sur l'état actuel de nos capacités. J'ai tenu à saluer cette initiative et le travail pédagogique accompli par les auteurs.



Henry de Lumley
Directeur du Muséum National d'Histoire Naturelle

Introduction

Les plantes Génétiquement Modifiées Une clef pour l'avenir



Si les biotechnologies suscitent l'intérêt du grand public, celui-ci manque encore aujourd'hui d'information. La confusion règne le plus souvent dans les esprits, car les informations disponibles sont la plupart du temps mêlées de considérations polémiques, peu propices à une appréhension sereine du sujet.

Les biotechnologies ne constituent guère un sujet familier des Français. 63% déclarent ainsi ne pas savoir de quoi il s'agit (sondage IDDEM 1997 *Le grand public et les biotechnologies*¹). Les Français ne sont sensibilisés aux biotechnologies qu'au travers des "effets d'annonce" médiatiques qui alimentent le plus souvent les craintes. Ainsi, les avancées dans ce domaine sont assimilées aux manipulations de scientifiques peu soucieux des conséquences de leurs expérimentations. Les biotechnologies s'inscrivent pourtant dans une évolution continue, et les applications qu'elles permettent de développer sont soumises à un cadre réglementaire rigoureux qui en garantit la sécurité.

Le rôle de la Commission du Génie Génétique, comme celui de la Commission du Génie Biomoléculaire et du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique, qui constituent en France, les garants de la sécurité pour l'environnement et la santé publique dans ce domaine, sont largement ignorés.

Les applications des biotechnologies en lien avec l'alimentation sont encore méconnues. Selon le même sondage, 51% des Français pensent avoir déjà entendu parler de biotechnologies, mais leurs applications restent encore pour la plupart ignorées. La conscience d'un manque d'information sur les biotechnologies, jointe à un climat d'inquiétude sur toutes les questions liées à la santé publique et à la consommation alimentaire, engendre une appréhension compréhensible. Un sondage Sofres réalisé pour le mensuel *Eurêka* (mars 1997) indique que "60% des Français sont inquiets par rapport aux aliments génétiquement modifiés".

¹ Sondage réalisé en mai 1997 auprès d'un échantillon de 1 004 personnes.

A l'opposé de cette vision floue, voire alarmiste, les consommateurs américains ou japonais se montrent sinon nettement mieux informés, du moins plus confiants. Selon une étude effectuée en 1995², auprès de 1 010 personnes, 93% des Japonais estiment qu'ils bénéficieront des progrès issus des biotechnologies dans les cinq années à venir. 87,7% se déclarent en faveur de l'usage des biotechnologies dans l'amélioration des plantes. Si les produits génétiquement modifiés pour obtenir un meilleur goût sont, selon cette étude, favorablement accueillis, les produits recueillant la plus large adhésion sont les plantes transgéniques permettant de réduire l'utilisation des produits de lutte contre les maladies et parasites. Il faut noter ici que la confiance accordée aux pouvoirs publics en matière de santé est sans doute moins érodée au Japon et aux Etats-Unis, pays où l'opinion n'a pas connu le traumatisme de la vache folle ou celui du sang contaminé. Les pages qui suivent ont pour objet d'apporter une contribution au débat en éclairant les enjeux actuels et l'intérêt de ces nouvelles technologies au service de l'amélioration des plantes.

Pour la première fois, les entreprises semencières et de la protection des plantes, à travers leurs organisations professionnelles (CFS, GNIS, UIPP), font un acte de foi commun sur cette question d'actualité.

Ce livre blanc illustre la conviction des entreprises face à la réalité des enjeux. Aussi, en tant qu'acteurs responsables, conscients de l'intérêt de ces nouvelles technologies au service de l'amélioration des plantes, ils s'engagent aujourd'hui publiquement sur le bien-fondé de leurs choix et souhaitent apporter une contribution au débat. Ce livre blanc a fait l'objet d'une approche délibérée en se concentrant essentiellement sur les questions alimentaires qui concernent chacun d'entre nous.

² Thomas J. Hoban, *Japanese Consumers' Awareness and Attitudes About Biotechnology*, *Food Technology*, Juillet 1996.

Première partie

*Un progrès continu des techniques
au service de l'alimentation*



I. Un progrès continu des techniques au service de l'alimentation

Section I : Les enjeux de l'alimentation et de la démographie

A - La situation alimentaire

- A-1 Modifier le vivant : une pratique millénaire dans le domaine agricole
- A-2 L'ordre alimentaire mondial

B - De quelles ressources disposons-nous pour l'agriculture ?

- B-1 La révolution verte
- B-2 La terre - nourrir et protéger les sols - la gestion de l'eau

Section II : Les nouveaux outils des biotechnologies au service de l'alimentation

C - Qu'appelle-t-on biotechnologies ? Qu'est-ce que le génie génétique ?

- C-1 Les biotechnologies : définitions
- C-2 Les biotechnologies : domaines d'application principaux dans le monde végétal
- C-3 Le génie génétique : principe et techniques de transferts de gène dans une plante

SECTION I

LES ENJEUX DE L'ALIMENTATION ET DE LA DÉMOGRAPHIE

A- La situation alimentaire

A-1 Modifier le vivant : une pratique millénaire dans le domaine agricole

"Depuis des millénaires, l'homme fait de la biologie sans le savoir. Depuis des millénaires également, l'homme est biotechnologue. Les gestes du cultivateur, puis ceux de l'horticulteur, le bouturage, le marcottage, le greffage, ou encore ceux de l'éleveur, sont apparus avec la civilisation et se sont très vite affinés avec les progrès de ses moyens et de ses besoins. [...] Si la nature apparut d'abord à l'homme comme un donné qu'il ne pouvait maîtriser parce qu'il ne pouvait que l'observer à défaut de le comprendre, qui profitait à son corps ou le menaçait, jamais depuis qu'il est homme il ne sut s'en contenter. Toujours, il lui fallut chercher à conserver ou à modifier le vivant qui l'entourait, parce que d'abord il lui fallait protéger son corps, sa vie même.

Avant même que les sciences de la vie ne prennent leur essor moderne, l'effort humain pour travailler et faire travailler la nature donna naissance, de longue date, à ce qui peut nous apparaître comme une lente mais fiévreuse préhistoire, qui semble trouver son aboutissement dans les biotechnologies modernes".

François Gros, *L'ingénierie du vivant* (Odile Jacob, 1990), pp.21-22.

Dès les premiers pas de l'agriculture, il y a douze mille ans, l'homme s'efforce de choisir les meilleures plantes.

L'ancêtre sauvage du blé, l'« einkorn », constitue un des premiers exemples de sélection. Cette graminée possédait en effet des tiges très fragiles ayant tendance à plier sous les intempéries : les graines parvenues à maturité se dispersaient au vent, à l'exception toutefois de celles qui se formaient sur des tiges plus solides. Ce sont ces graines préservées que les agriculteurs replantèrent, parvenant de la sorte à sélectionner un nouveau type de céréales, plus résistant au vent.

La fermentation, dont le principe relève des biotechnologies, était utilisée dès l'Antiquité : "Les céréales servaient également de substrats pour la fabrication de la bière (orge) dont Egyptiens et Sumériens de l'Antiquité connaissaient la recette"³. Jean-Louis Flandrin, en introduction à la première partie de la monumentale Histoire de l'alimentation⁴, précise : "L'archéologie prouve qu'il existait déjà de la bière en Iran au VI^e millénaire avant J.-C."

³ Philippe Ledieu, *Planète agricole*, coll. Explora, Cité des Sciences et de l'Industrie, p.13.

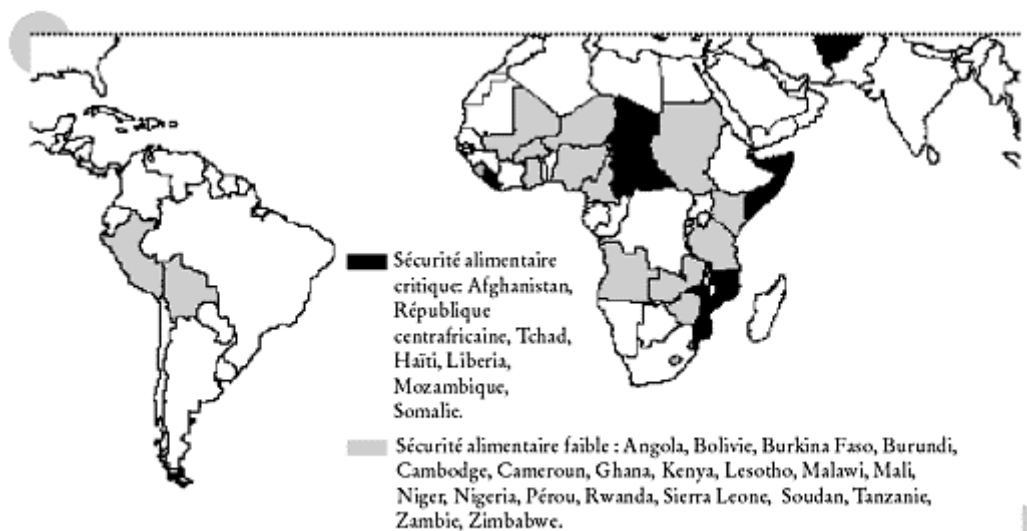
⁴ Jean-Louis Flandrin et Massimo Montanari, *Histoire de l'alimentation*, Fayard, p. 26.

A-2 L'ordre alimentaire mondial

A-2.1 La notion de sécurité alimentaire

L'Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture a défini la notion de sécurité alimentaire : "La sécurité alimentaire consiste à assurer à toute personne et à tout moment un accès physique et économique aux denrées alimentaires dont elle a besoin"⁵.

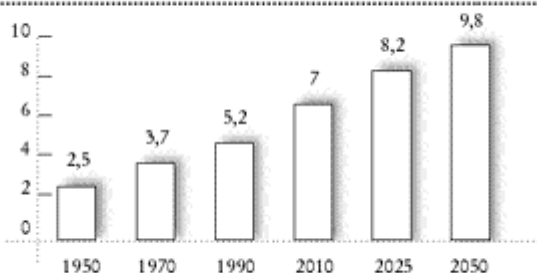
Cette notion permet de distinguer des zones géographiques en fonction des indices de sécurité alimentaire, comme le montre la carte ci-dessous pour la période de 1990/1992 :



Source : ONU (FAO)

A-2.2 Une population mondiale en accroissement continu

Population mondiale (en milliards d'habitants)



Source : FAO

⁵ "Food security is ensuring that all people at all times have both physical and economical access to the food they need" (Food & Agriculture Organization, 1983).

A l'inverse de la production agricole qui paraît réduire la vitesse de sa progression, la population mondiale connaît une croissance continue. Les taux d'accroissement de la population continueront à connaître un niveau significatif dans les pays les moins développés.

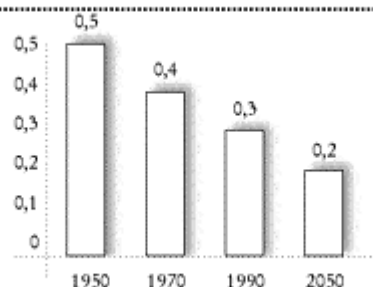
Moyenne annuelle du taux d'accroissement de la population (en %)

	1985-1990	2020-2025
Régions les plus développées	0,5	0,2
Régions les moins développées	2,1	1,2
Pays les moins développés	2,8	1,7
Autres pays	2,0	1,0

Source : ONU

Dans un futur proche, l'agriculture devra relever un véritable défi : nourrir une population en croissance sur des terres inextensibles.

Surface de terre arable en hectares par habitant



Source : FAO

B- De quelles ressources disposons-nous pour l'agriculture ?

En mars 1957, l'article 39 du Traité de Rome définissait les objectifs de la Politique Agricole Commune :

- "a) accroître la productivité de l'agriculture en développant le progrès technique, en assurant le développement rationnel de la production agricole ainsi qu'un emploi optimum des facteurs de production, notamment de main d'œuvre,
- b) assurer ainsi un niveau de vie équitable à la population agricole, notamment par le relèvement du revenu individuel de ceux qui travaillent dans l'agriculture,
- c) stabiliser les marchés,
- d) garantir la sécurité des approvisionnements,
- e) assurer des prix raisonnables dans les livraisons aux consommateurs".

Cette volonté politique allait contribuer à créer le contexte favorable au développement de l'agriculture en Europe, renforçant la "révolution verte".

B-1 La révolution verte

B-1.1 Regard sur une révolution

Par "révolution verte", on entend le formidable essor des rendements peu avant et au lendemain de la seconde guerre mondiale. A l'origine de l'accroissement des rendements, on trouve :

- l'utilisation de semences sélectionnées appartenant à des variétés à haut rendement ;
- l'apport d'engrais et de produits phytosanitaires ;
- un contexte politique favorable (stabilité des prix).

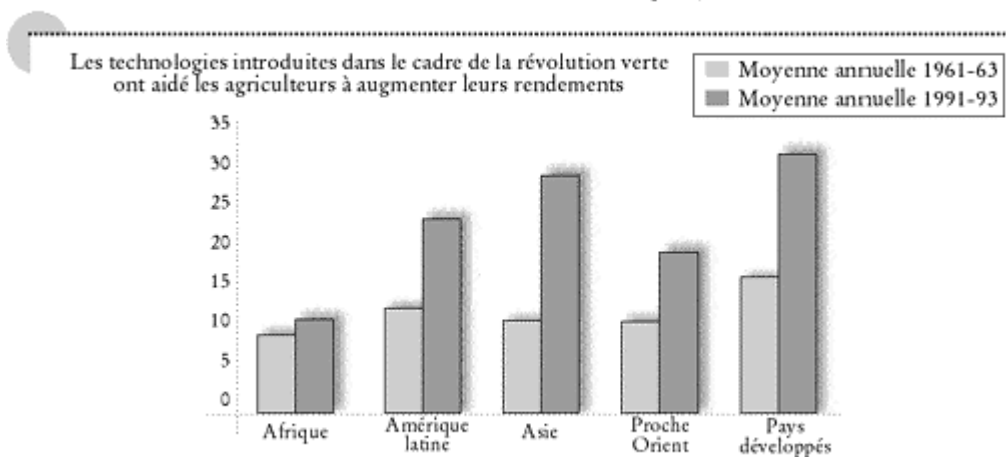
Un des facteurs-clés de la révolution verte se situe dans le prolongement de l'amélioration des plantes issue des premiers pas de la génétique.

L'application à l'agriculture des lois de transmission des caractères héréditaires, découvertes par l'abbé Gregor Mendel, ouvre la voie aux premières sélections de variétés par hybridation. En 1865, Mendel publie ses Recherches sur les plantes hybrides, dont les résultats trouvent une première application dix ans plus tard avec le "froment miracle à grosse tête" de Karl Frürwirth.

L'exemple du blé donne la mesure de la révolution verte : en France, jusqu'à nos jours, par le biais notamment des techniques de sélection, on est parvenu à faire progresser les rendements de 10 à 75 q/ha. Ainsi, "en 1920, on ne récoltait que 15 quintaux de blé à l'hectare, guère plus qu'au Moyen âge, et à peine 20 en 1950. Aujourd'hui, on approche 70, avec des records à 130"⁶.

Cette progression spectaculaire est le fruit des techniques de sélection classique, et des apports des biotechnologies dans la sélection jointes à la généralisation de l'usage d'intrants, et à la gestion raisonnée de l'irrigation.

Rendements des céréales (Q/ha)



Source : FAO

Ainsi, d'après la FAO, l'utilisation des engrais a cru de 360% de 1970 à 1990, cependant que celle des produits phytosanitaires augmentait de 420%.

B-1.2 Ses conséquences

Si la mécanisation de l'agriculture a permis une réduction des coûts, les gains en termes de rendement sont principalement à porter au crédit de la chimie et de la génétique, au cœur de la "révolution verte".

Cette révolution dans les pratiques culturales et les politiques agricoles augurait une ère nouvelle en Europe, celle de l'agriculture capable de nourrir toujours plus d'hommes.

Un acquis majeur de la révolution verte, avec la croissance des volumes de production et l'amélioration conjointe de la qualité de cette production, reste d'avoir porté les denrées alimentaires courantes à un niveau de prix acceptable.

Entre 1960 et 1987, le prix à la production des denrées agricoles a globalement baissé de plus de 20% en francs constants. Cette diminution a même dépassé 25% pour les productions végétales.

Alors que la consommation des ménages français poursuit une progression régulière, la part du budget des familles consacrée à l'alimentation ne cesse de se réduire : de 25,9% en 1970, elle ne représente plus que 18,6% en 1992.

⁶ Philippe Ledieu, *Planète agricole*, coll. Explora, Cité des Sciences et de l'Industrie, p. 110.

*La part de l'alimentation dans les dépenses des ménages
(pourcentage du revenu disponible)*

	1992	1970
Grèce	36,7	41,4
Irlande	34,8	45,0
Portugal	33,6	41,0
Finlande	23,0	-
Royaume-Uni	21,6	26,5
Danemark	21,2	29,9
Suède	21,0	-
Espagne	20,3	32,0
Italie	19,9	38,6
Autriche	19,7	-
FRANCE	18,6	25,9
Luxembourg	18,2	28,4
Belgique	18,0	27,9
Allemagne	15,4	23,4
Pays-Bas	14,9	26,0
Union européenne	19,1	29,8

Source : Eurostat

Dans les pays en voie de développement, la révolution verte a fait également son chemin. L'exemple du riz illustre la mise en oeuvre de cette révolution dans les pays du Sud :

"Les nouvelles variétés de riz et de blé ont un rendement potentiel supérieur de 2 ou 3 fois par rapport à des variétés traditionnelles. D'après Kush (1995)⁷, les variétés classiques de riz se caractérisent par des tiges fragiles, et un ratio faible entre le grain récolté et la masse de la plante. Lorsque les plantes recevaient plus de 40 kilos d'engrais par hectare, elles poussaient exagérément, et le rendement baissait. D'où l'intérêt de trouver une nouvelle espèce par croisement génétique. Ce fut la variété IR8, développée par l'Institut International de Recherche sur le Riz, aux Philippines. Les recherches furent poursuivies afin de réduire la période de croissance végétale, de limiter la sensibilité aux parasites, et d'augmenter la qualité gustative du riz"⁸.

⁷ G. S. Kush, *Modern varieties - their real contribution to food supply and equity*, *Geojournal*, 35 (3) :275-284.

⁸ Patrick Pigeon, *Espaces ruraux et échanges internationaux* (Economica, 1997), p.71.

C'est ainsi qu'à mesure de la diffusion des nouvelles variétés à haut rendement, la production de céréales en Asie crût d'un tiers au cours des années 1970. En 1980, le nombre de personnes touchées par la faim dans l'Asie du Sud et de l'Est avait baissé de plus de 100 millions, mais représentait encore 650 millions de personnes. L'impact de la révolution verte dépasse de beaucoup le domaine agricole, pour constituer l'un des moteurs de la croissance du Sud-Est asiatique. L'accroissement des revenus des populations rurales engendre une hausse de la demande de biens de consommation, pour contribuer au développement de l'ensemble de l'économie. La décennie 1970 est ainsi marquée par des taux de croissance de plus de 7% en moyenne par an de la richesse nationale en Indonésie, en Thaïlande, en Corée du Sud et en Malaisie. L'expérience de la révolution verte dans les pays du Sud nous enseigne :

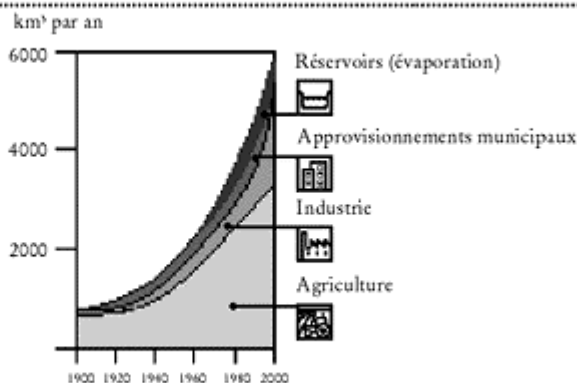
- que les famines ne sont pas liées à la seule fatalité des catastrophes naturelles mais bien plus aux conflits et à un défaut de politique agricole adaptée,
- que les technologies agricoles modernes doivent être utilisées afin de développer la production sur les terres aujourd'hui en culture,
- que ces techniques ainsi que les ressources nécessaires doivent être adaptées aux conditions de production locale,
- que la mise en oeuvre d'une révolution des pratiques culturales peut ouvrir la voie d'un développement global de l'économie.

B-2 La terre - nourrir et protéger les sols - la gestion de l'eau

Si la révolution verte a pu avoir lieu, c'est aussi grâce à l'irrigation, ce qui a amené un accroissement considérable de la consommation mondiale d'eau. Selon un rapport de l'IFPRI, *Water Resources in the Twenty-First Century, Challenges and Implications for Action* (1997), l'agriculture représente plus de 70 % de la consommation totale d'eau dans le monde et plus de 90 % dans les pays les plus pauvres. Toutefois, cette part est amenée à se réduire, à mesure que les besoins d'eau pour l'industrie ou l'approvisionnement des villes se développent.

Consommation mondiale d'eau : totale et par secteur, de 1900 à l'an 2000

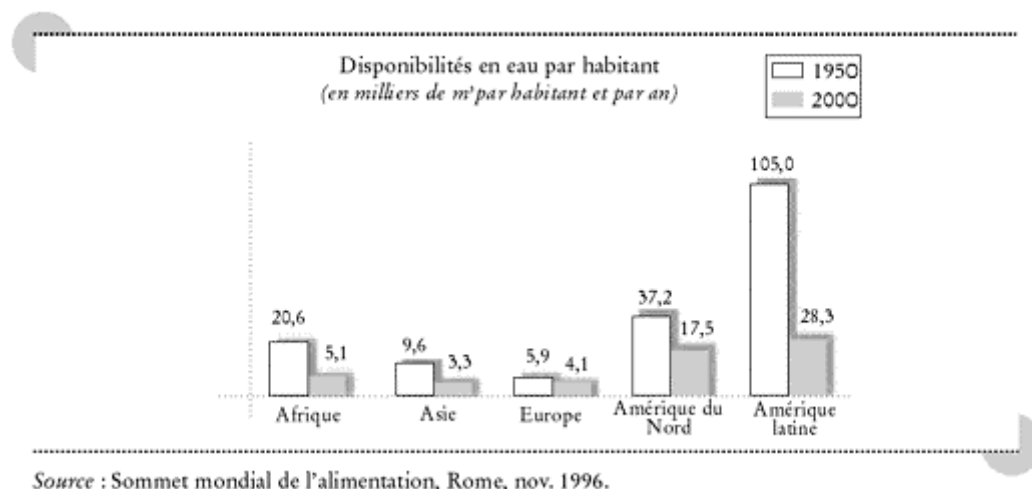
Plus des deux tiers de l'eau prélevée des cours d'eau, des lacs et des nappes phréatiques sont destinés à l'irrigation.



Source : FAO. 1993. *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture*, p. 239

La maîtrise de l'eau apparaît aujourd'hui, selon les analyses de Jean-Paul Charvet (Déméter 96, Armand Colin), comme un aspect essentiel de la mise en oeuvre de la "révolution verte". Dans un nombre croissant de pays en développement, c'est précisément cette question de l'approvisionnement en eau qui constitue le frein principal au développement de l'agriculture. Pendant longtemps, c'est la question de la disponibilité de terres arables qui occupait le premier rang des préoccupations. Les ressources en eau semblent constituer la pierre d'achoppement de l'extension aux pays du Sud de la révolution verte. Entre 1950 et 1990, la consommation d'eau a triplé, toutes utilisations confondues. Jean-Paul Charvet (*op.cit.*) précise : "Dans certaines régions et dans certains pays, les disponibilités en eau commencent à poser problème. C'est le cas en Chine du Nord, en Inde du Nord, dans le Nord du Mexique (et le sud des Etats-Unis), dans les pays d'Afrique du Nord et du Proche-Orient... [...] En Chine, les disponibilités d'eau sont passées de 4 500 m³/hab./an en 1955 à 2 400 en 1990. Elles ne seront plus que de l'ordre de 1 800 en 2025".

Le graphique ci-dessous illustre la baisse tendancielle des disponibilités en eau par habitant dans les grandes zones géographiques :



Un des premiers défis pour le génie génétique sera d'identifier et de transférer sur certaines espèces le gène permettant une meilleure tolérance à la sécheresse.

B-2.1 La maîtrise de l'irrigation dans les différents pays

L'irrigation est nécessaire, mais doit être maîtrisée, ce qui est le cas en général aujourd'hui en Europe. Dans de nombreux pays du Sud, les prélèvements d'eau excessifs pour l'irrigation empêchent les nappes souterraines de se recharger. C'est jusqu'à 60 % de l'eau employée par l'irrigation qui n'atteint pas les cultures. Cette irrigation non maîtrisée est à l'origine d'un engorgement et d'une accumulation de sel susceptibles de rendre des terres arables impropres à la culture. Ainsi la FAO constate que plus de 20 % des terres irriguées sont frappées par la salinisation en Chine et au Pakistan.

B-2.2 Des solutions complémentaires aux apports des intrants sont aujourd'hui nécessaires

L'accroissement de l'utilisation d'engrais et de produits phytosanitaires, joint à l'extension d'un tiers des terres irriguées et aux effets de la révolution verte, a entraîné un doublement de la production agricole mondiale durant les trente dernières années.

La rapidité de cette augmentation a permis d'éviter une grave crise alimentaire en Asie et a servi de tremplin à la croissance économique de la Chine, de l'Asie du Sud et du Sud-Est et d'éliminer les risques de pénurie alimentaire en Europe et en Amérique du Nord.

Une étude de la FAO précise la part des facteurs à l'origine de l'augmentation des rendements :

- la sélection variétale représente 23 % de cette augmentation ;
- la fertilisation chimique 24 % ;
- l'irrigation des cultures 29 % ;
- la protection chimique et les méthodes physiques de protection des plantes 24 %.

L'examen des pourcentages de pertes affectant les récoltes donne toute la mesure du rôle des traitements dans la limitation des pertes.

Bilan des pertes pour les principales cultures⁹ (en pourcentage du rendement)

	Riz	Blé	Orge	Maïs	P. de T.	Soja	Coton	Café	Moyenne mondiale
Pertes malgré les traitements	52 %	34 %	29 %	38 %	41 %	32 %	38 %	40 %	38 %
Pertes en l'absence de traitements sanitaires	82 %	52 %	47 %	60 %	74 %	59 %	84 %	70 %	66 %

Question et mise en perspective

Pour nourrir les hommes, il faudra désormais poursuivre l'accroissement des rendements sur les terres disponibles, dont les superficies diminuent. C'est ainsi seulement que l'on limitera la déforestation et les phénomènes d'érosion des sols. Cette nouvelle révolution verte nécessitera la mise à contribution des techniques de pointe, et notamment des biotechnologies modernes.

Qui seront les gagnants d'une "nouvelle révolution verte" reposant sur les biotechnologies ?

Si les bénéfices des biotechnologies portent essentiellement pour l'heure sur la production agricole (les avancées se concentrant sur des caractères d'intérêt agronomique), la qualité des aliments est au cœur des recherches et développements pour les années à venir. Ainsi, le consommateur pourra directement tirer profit de cette "nouvelle révolution verte".

⁹ Oerke, Dehne, Schönbeck and Weber, *Crop production and crop protection*, Elsevier, Amsterdam, 1994 - source : OMS (moyenne 1988-1990).

SECTION II

LES NOUVEAUX OUTILS DES BIOTECHNOLOGIES AU SERVICE DE L'ALIMENTATION

C- Qu'appelle-t-on biotechnologies ? Qu'est-ce que le génie génétique ?

C-1 Les biotechnologies : définitions

Les notions clefs

ADN : Molécule en double hélice, l'ADN est le support physique de l'information héréditaire, qui est transmis d'une génération à la suivante.

Gène : Fragment de l'ADN comportant les informations nécessaires à la fabrication d'une protéine. Chaque gène correspond à un caractère héréditaire particulier et constitue donc une unité d'information génétique.

Protéines : Ces molécules forment la matière première dont les êtres vivants sont constitués. Elles sont codées par les gènes (un gène code une protéine).

Les micro-organismes :

- **Virus** : les plus petits - 10 000 virus de la grippe ne couvriraient qu'une surface de 1 mm² -, incapables de se reproduire autrement qu'en infectant un autre organisme...
- **Bactéries** : à la différence des virus, les bactéries sont des organismes unicellulaires, capables de se reproduire. Elles sont aussi 10 fois plus grandes et la plupart ne présentent aucun danger pour l'homme.
- **Levures** : ce sont des champignons microscopiques, dix fois plus grands tout de même que les bactéries. Les levures sont au coeur du processus de fermentation.

Les cellules :

Cellules animales ou végétales, elles sont dix fois plus grandes que les levures et forment les tissus des organismes pluricellulaires. Chaque type de cellule a un rôle spécifique.

Biotechnologies

Le terme **biotechnologies** recouvre un ensemble de techniques qui utilisent des micro-organismes, des cellules animales, végétales ou leurs constituants pour produire des substances utiles à l'homme.

Les techniques à l'œuvre dans la fermentation relevaient des biotechnologies avant la lettre. En effet, "le terme de fermentation désigne tout processus par lequel des matières organiques - en général de nature végétale - sont transformées en produits définis par une action contrôlée de souches de micro-organismes sélectionnés"¹⁰.

L'utilisation des micro-organismes pour les fermentations est immémoriale. Le fromage, le vin, la bière, le pain - ce symbole par excellence de l'aliment - constituent autant d'exemples de l'emploi des fermentations dans le domaine alimentaire. Le processus de panification illustre ainsi une application des biotechnologies traditionnelles :

"Prenez 200 épis de blé et vous pouvez extraire 200 grammes de farine. Elle renferme 62 à 64% d'amidon qui, au contact de l'eau, de la levure et après pétrissage, fermente : les enzymes de levure attaquent les chaînes de sucre, ce qui dégage de l'alcool et du gaz carbonique contribuant à gonfler la pâte".

De même, le vin est le produit d'un processus de fermentation :

¹⁰ Pierre Douzou, Gilbert Durand, Philippe Kourilsky et Gérard Siclet, *Les biotechnologies*, QSJ (PUF, 1995), p.5.

"Comment le jus de raisin devint-il un jour du vin ? Sous l'influence de certaines levures, les *saccharomyces*, poudrant la peau des grains de cette poussière qu'on appelle la *pruine* ; se multipliant d'une façon extraordinaire en vase clos, les levures provoquent une fermentation alcoolique des grappes écrasées qui emprunte son énergie à l'eau et au sucre du jus. Cette fermentation plus ou moins poussée, de cinq jours à cinq semaines, décolore plus ou moins la peau du raisin, colore le vin en échange et se charge de son tanin, porteur du bouquet"¹¹.

Avec le développement spectaculaire de la biologie moléculaire et singulièrement de la génétique, les biotechnologies ont aujourd'hui élargi le champ de leurs possibles applications et les techniques d'amélioration des plantes se trouvent dotées désormais de perspectives nouvelles.

Grâce à l'apport du génie génétique, les méthodes de sélection atteignent une précision impensable jusque là, et ce dans des conditions d'efficacité et de sûreté également portées à un niveau supérieur.

C-2 Les biotechnologies : domaines d'application principaux dans le monde végétal

Le sélectionneur dispose désormais d'une palette étendue d'outils qui décuplent les possibilités d'amélioration.

a- Les cultures *in vitro*

Premier domaine d'application des biotechnologies en matière agronomique, les cultures *in vitro* ont été développées suite aux travaux pionniers de l'INRA de Dijon dans les années cinquante. C'est la micropropagation *in vitro* qui se substitue progressivement au bouturage traditionnel. Cette technique permet pour certaines espèces végétales d'obtenir un très grand nombre de plantes rapidement à partir d'une seule.

Elle présente un triple avantage :

- un gain de temps ;
- un gain d'espace ;
- une meilleure qualité sanitaire des jeunes plants.

b- L'établissement de la carte génétique d'une espèce

Par le biais des biotechnologies, il est désormais possible d'établir la carte génétique d'une espèce végétale afin de trouver la correspondance entre la localisation d'un gène et un caractère agronomique.

Ainsi, des chercheurs américains ont démontré la corrélation de certains gènes localisés sur la carte génétique du maïs et des effets positifs sur le rendement. Ce domaine d'application présente un intérêt crucial : il permet en effet de repérer les gènes offrant un caractère d'intérêt. Pour poursuivre l'exemple du maïs, les gènes contrôlant rendement, précocité ou vigueur au départ peuvent de la sorte être repérés dans la carte génétique de la plante. Le suivi de ces gènes permet alors de concevoir beaucoup plus efficacement des variétés nouvelles.

c- La création de plantes génétiquement modifiées

La transgénèse constitue le troisième domaine d'application des biotechnologies. Si les techniques évoquées plus haut permettent d'envisager une amélioration des plantes à grande échelle, la transgénèse autorise l'apport de caractères d'intérêt jusque là inaccessibles à certaines espèces, avec une grande précision.

C-3 Le génie génétique : principe et techniques de transferts de gène dans une plante

Génie génétique

Le **génie génétique** "désigne un ensemble de pratiques, de procédés permettant de [...] faire réaliser par un être vivant tout ou partie du programme génétique d'un autre être vivant"¹². En d'autres termes, le génie génétique désigne l'ensemble des procédés au moyen desquels il est possible de modifier le patrimoine génétique d'un être vivant.

¹¹ Maguelonne Toussaint-Samat, *Histoire naturelle et morale de l'alimentation*, Bordas, p. 199.

¹² Axel Kahn, *Société et révolution biologique*, Pour une éthique de la responsabilité, INRA Ed. (1996), p.15.

C-3.1 Principe

Un exemple permet de saisir à la fois le principe et l'intérêt des transferts de gène.

Le maïs est exposé aux ravages d'un insecte nuisible : la pyrale. La pyrale est responsable en France de pertes de rendement de l'ordre de 3 à 7% / ha. Or, il existe une bactérie, répondant au nom de *Bacillus thuringiensis*, présentant une caractéristique digne d'intérêt : celle de produire une protéine (non toxique pour l'homme et les autres animaux) qui détruit les larves de pyrale.

Les chercheurs ont pu isoler le gène responsable de ce caractère chez la bactérie. Grâce aux techniques du génie génétique, ce gène a pu être transféré à des plants de maïs, dès lors en mesure de faire la synthèse de la protéine intéressante. Le maïs ainsi transformé offre une résistance nouvelle à la pyrale.

La transgénèse désigne le processus de transfert dans le patrimoine génétique d'un organisme vivant d'un gène qui lui est étranger (le transgène).

Ainsi, dans le cas du maïs, le gène bactérien responsable de la synthèse de la protéine détruisant la pyrale, constitue un tel transgène. Son introduction dans le génome du maïs confère à la plante un caractère nouveau de résistance à la pyrale. Ce transgène devient partie intégrante du patrimoine génétique de la plante; il sera alors transmissible à ses descendants, en suivant les lois de la génétique (lois de Mendel). Il est ainsi possible de transmettre à une plante un caractère intéressant, tel que la résistance à un insecte ou à une maladie, en introduisant dans son patrimoine génétique un transgène exprimant ce caractère.

Il importe de saisir ici que le génie génétique ne se substitue pas aux procédés éprouvés d'amélioration des plantes cultivées utilisés en agriculture. Il élargit par contre la gamme des outils disponibles, et ouvre des perspectives jusqu'alors hors de portée. Le gain de temps qu'il procure en fait un outil précieux pour les sélectionneurs, ce qui autorise une réponse rapide aux attentes de l'utilisateur final : le génie génétique permet en effet d'introduire plus rapidement un gène présentant un caractère d'intérêt, avec une précision accrue (on utilise un gène bien défini), dès lors que l'on ne dispose pas du gène porteur du caractère recherché au sein de l'espèce concernée.

Ainsi on ne procède plus par croisements successifs, mais en transférant un gène précis parmi les milliers que compte la plante, ce gène étant à même d'exprimer un caractère désiré.

La sélection classique permet d'obtenir une plante améliorée dont les caractères sont identifiés et stabilisés d'une génération à l'autre au terme d'un processus s'étendant sur 8 à 10 ans. L'utilisation du génie génétique peut réduire cette période à 3, voire 4 ans, une fois le gène d'intérêt isolé.

La palette des caractères génétiques pouvant être introduits dans une plante s'élargit considérablement puisque le génie génétique permet l'introduction de caractères impossible à réaliser par la sélection classique (le transgène pouvant provenir d'une autre espèce ou d'un micro-organisme).

Le génie génétique et les plantes : les grandes étapes

- 1973** - Identification du plasmide *Ti* dans la bactérie *Agrobacterium tumefaciens*. Ce plasmide permet d'accueillir le gène porteur d'un caractère recherché, qu'il est en mesure d'introduire dans le génome d'une plante
- 1983** - Première plante transgénique (tabac)
Premier transfert de gène opérationnel réalisé chez un végétal, obtenu simultanément par les équipes de Monsanto et Agrigenetics (USA).
L'équipe de Jeff Schell et Marc Van Montagu à Gand obtient des tabacs transgéniques résistants à un antibiotique
- 1985** - Première plante transgénique résistante à un insecte
- 1987** - Première plante transgénique tolérante à un herbicide total
- 1988** - Première plante "pharmaceutique"
Première céréale transgénique (maïs)
- 1994** - Premier légume transgénique commercialisé (aux Etats-Unis)
- 1997** - Premier tabac producteur d'hémoglobine

C-3.2 Techniques de transfert de gène

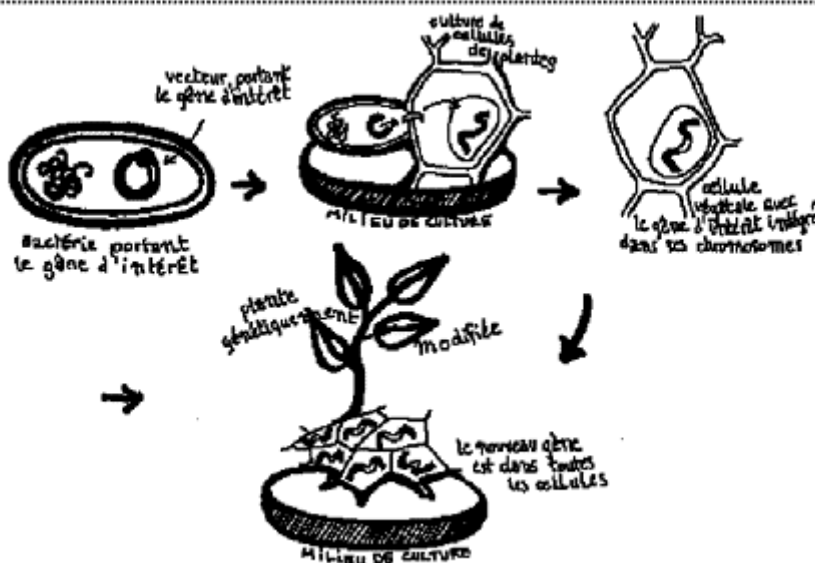
Deux types de techniques complémentaires coexistent : le vecteur biologique et le transfert direct.

a - L'utilisation d'un vecteur biologique

Un plasmide est un "petit ADN circulaire qui se multiplie de manière autonome dans les bactéries. Chaque plasmide peut abriter un fragment d'ADN étranger. Il permet ainsi d'isoler les gènes des êtres vivants"¹³. Après avoir pénétré dans la plante, une bactérie du sol *Agrobacterium tumefaciens* transfère une partie de l'ADN du plasmide Ti dans le patrimoine génétique de la plante.

C'est sur ce phénomène naturel que repose la transformation par vecteur biologique, le gène porteur du caractère d'intérêt étant substitué au gène bactérien. Le plasmide est alors en mesure de transférer ce gène dans le patrimoine génétique de la plante.

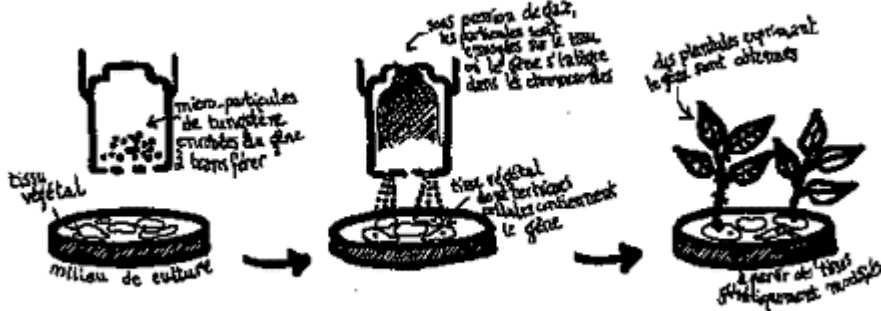
Ce type de transformation n'est efficace pour l'instant que chez certaines espèces telles que tabac, colza, tomate, pomme de terre, melon, tournesol. Pour les autres plantes, on utilise un mode de transformation différent : la transformation directe.



b- La transformation directe

Utilisation de la biolistique (projection mécanique d'ADN).

La biolistique consiste à introduire directement de l'ADN dans le noyau des cellules végétales par projection de microbilles métalliques porteuses de cet ADN. Cette méthode qui provoque l'intégration des fragments d'ADN est employée pour le maïs, le blé, le riz, le coton, le soja...



¹³ Louis-Marie Houdebine, *Le génie génétique de l'animal à l'homme*, coll. Dominos, Flammarion, p.10.

Electroporation ou utilisation d'un agent chimique.

Au moyen d'impulsions électriques (électroporation) ou d'un agent chimique (le polyéthylène glycol), la perméabilité de la membrane cellulaire est augmentée transitoirement. Ceci facilite l'intégration du transgène dans la plante.

Questions et mise en perspective

1. Le nouvel ordre alimentaire mondial - quelles réponses à la croissance démographique ?

Si les experts réunis au Sommet mondial de l'alimentation à Rome (novembre 1996) appelaient de leurs vœux une "nouvelle révolution verte", le contenu de cette appellation restait encore à préciser. Le diagnostic de la FAO est toutefois sans ambiguïté :

"La production alimentaire devra augmenter de plus de 75% au cours des trente prochaines années, principalement en accroissant le rendement des terres déjà exploitées.

Une telle augmentation nécessitera l'adoption à grande échelle des techniques qui permettent aujourd'hui aux stations de recherche d'obtenir des rendements deux fois supérieurs en moyenne à ceux des exploitants individuels [...]. Une nouvelle révolution verte devra combiner la technologie moderne et les connaissances traditionnelles tout en mettant l'accent sur les systèmes cultureux, sociaux et écologiques, ainsi que sur les rendements".

2. Les biotechnologies ont-elles connu une évolution continue ?

Les perspectives nouvelles issues de la mise en œuvre des techniques du génie génétique ne doivent pas nous faire oublier que les biotechnologies modernes s'inscrivent dans le droit fil d'une évolution séculaire. La recherche des moyens de modifier le vivant, au cœur des pratiques culturelles, a trouvé, depuis les découvertes évoquées plus haut, des outils d'une précision et d'une puissance nouvelles, que reflète le franchissement désormais possible des barrières d'espèces.

3. Les apports des biotechnologies se limitent-ils à certaines étapes de la chaîne alimentaire ?

La production alimentaire destinée aux animaux d'élevage bénéficie également de ces nouveaux outils. La santé animale peut se trouver confortée par le biais d'espèces végétales améliorées : des végétaux plus riches en acides aminés sont en effet plus sains pour les animaux. C'est donc l'ensemble de la chaîne alimentaire qui est concerné par ces apports.

Deuxième partie

Les biotechnologies : effets attendus dans la production agro-alimentaire



II. Les biotechnologies : effets attendus dans la production agro-alimentaire

Section I : L'homme produit mieux : les avancées technologiques de la révolution verte aux biotechnologies

A - Progrès dans les pratiques culturales depuis 30 ans

- A-1 Les progrès dans la sélection des espèces cultivées : le rôle de l'amélioration des plantes
- A-2 Une meilleure gestion des sols

B - Les bénéfices issus des biotechnologies

- B-1 Le maïs Bt constitue une des alternatives pour lutter contre les insectes nuisibles
- B-2 Lutter contre les mauvaises herbes dans de meilleures conditions : les plantes rendues tolérantes à certains herbicides
- B-3 La résistance aux virus et aux champignons
- B-4 Vers une amélioration qualitative

C - Les plantes, usines à médicament

- C-1 Une meilleure sécurité
- C-2 Perspectives

Section II : L'homme s'alimente mieux : le consommateur au coeur de ces évolutions

A - Les nouvelles exigences et attentes alimentaires du consommateur

- A-1 Les nouvelles habitudes alimentaires
- A-2 Les critères d'achat alimentaire

B - Les produits issus des biotechnologies

- B-1 Les nouveaux produits
- B-2 Les produits en cours de développement

C - La sécurité alimentaire : la notion d'équivalence en substance

SECTION I

L'HOMME PRODUIT MIEUX : LES AVANCÉES TECHNOLOGIQUES DE LA REVOLUTION VERTE AUX BIOTECHNOLOGIES

A- Progrès dans les pratiques culturales depuis 30 ans

A-1 Les progrès dans la sélection des espèces cultivées : le rôle de l'amélioration des plantes

Les pratiques de sélection des espèces ont franchi une étape avec la mise en culture de variétés à haut rendement qui marquait l'avènement de la "révolution verte".

La conjugaison de la mise en culture de variétés à haut rendement et de l'utilisation d'engrais et produits phytosanitaires, dans un contexte de stabilité assuré par les politiques agricoles en Europe et outre-Atlantique, a assuré le bond de la productivité.

La sélection variétale classique et l'utilisation de plantes hybrides ont ainsi joué un rôle clef dans les progrès des pratiques culturales.

La contribution de produits de protection des plantes est fondamentale car sans cet apport, près de 40 % de la production des plantes seraient perdus¹⁴.

A-2 Une meilleure gestion des sols

A la spécialisation des cultures répond l'intensification de l'occupation des sols. La disponibilité d'un grand nombre de variétés permet d'obtenir une production plus stable et de limiter les risques. Ainsi, les risques de perte de récoltes en présence d'une maladie affectant une variété sont réduits dès lors que d'autres variétés sont également cultivées.

En 1980, aux Etats-Unis, les cinq premières variétés de blé occupaient 25 % des surfaces, contre 60 %, à production de grains équivalente, en 1920. La création variétale a donc permis une augmentation des rendements ainsi qu'une économie des surfaces nécessaires à l'alimentation de la population.

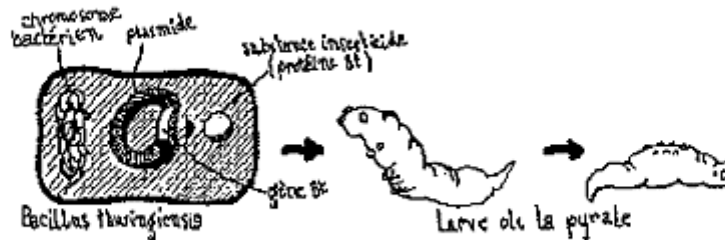
B- Les bénéfices issus des biotechnologies

Aux nombres des ingrédients d'une "nouvelle révolution verte", la FAO cite la "priorité accordée à la résistance génétique aux parasites et aux maladies plutôt qu'aux méthodes chimiques et mécaniques". C'est précisément dans cette logique que s'inscrivent les apports des biotechnologies. Les biotechnologies ouvrent de nouvelles perspectives en matière d'amélioration des plantes, sur le plan quantitatif et qualitatif, et contribuent notamment à l'optimisation agronomique :

- réduction des dépenses énergétiques;
- optimisation de l'assimilation des éléments vitaux (P, Fe, sucres, acides aminés);
- amélioration de l'efficacité des métabolites végétaux dans la lutte contre les toxines des virus;
- résistance aux parasites et aux ravageurs (insectes nuisibles);
- tolérance aux herbicides;
- tolérance à la sécheresse et aux basses températures;
- stérilité mâle génique (permettant notamment la création d'hybrides).

¹⁴ Oerke, Dehne, Schönbeck and Weber, *Crop production and crop protection*, ECPA, Elsevier, Amsterdam, 1994.

B-1 Le maïs Bt constitue une des alternatives pour lutter contre les insectes nuisibles



Le maïs modifié génétiquement résiste aux chenilles lépidoptères (pyrale, sésamie) qui s'attaquent aux parties aériennes du maïs, se nourrissent de la plante, et l'affaiblissent considérablement. Cette plante améliorée est protégée par un gène issu d'un micro-organisme naturel, le *Bacillus thuringiensis* ("Bt"), qui permet au maïs de produire une protéine le protégeant spécifiquement des insectes visés sans nuisance pour les autres êtres vivants (mammifères et les autres insectes). Ce micro-organisme est employé par les jardiniers, les utilisateurs de l'agriculture biologique et les exploitants forestiers, et ce depuis trente ans. Le maïs Bt constitue une nouvelle solution pour les cinq à six cent mille hectares de cultures traitées en France. Ce maïs est efficace dès la première attaque par les larves de pyrale. L'agriculteur est ainsi assuré d'une bonne protection de ses cultures.

Enfin, en protégeant l'épi de maïs contre les blessures infligées par ces insectes, le maïs modifié génétiquement est moins sujet aux maladies dues aux champignons, producteurs de mycotoxines, qui peuvent se développer sur les grains abîmés. Or la présence de mycotoxines sur les grains peut être nocive pour l'homme et l'animal.

B-2 Lutter contre les mauvaises herbes dans de meilleures conditions : les plantes rendues tolérantes à certains herbicides

La tolérance à certains herbicides, non utilisés actuellement sur l'ensemble des cultures, permet d'améliorer le contrôle des mauvaises herbes. L'intérêt de ces herbicides est lié au profil environnemental des principes actifs présentant une biodégradabilité rapide dans le sol. Afin de rendre la plante cultivée tolérante à ces herbicides, on lui transfère un gène de tolérance adapté. Cette méthode de transfert d'un gène de tolérance à un herbicide a déjà été appliquée avec succès pour de nombreuses espèces végétales : soja, betterave, laitue, melon, pomme de terre, tomate, blé, colza, tournesol, maïs, coton. Le soja ainsi rendu tolérant à un herbicide a été officiellement autorisé à l'importation dans l'ensemble de l'Europe des quinze en avril 1996.

B-3 La résistance aux virus et aux champignons

D'autres améliorations visent à conférer aux plantes concernées des caractères de résistance aux virus, bactéries et autres champignons pathogènes. Il n'existait jusqu'au développement de ces améliorations aucun traitement contre les maladies à virus; tout au plus s'efforçait-on de contrôler les insectes vecteurs de maladies.

L'introduction d'un gène spécifique permet à la plante de réaliser la synthèse d'une protéine de l'enveloppe d'un virus pathogène. Dès lors, la plante peut stopper la multiplication et le développement du virus. La plante se trouve comme immunisée.

Aujourd'hui, les espèces concernées sont notamment la pomme de terre, la tomate, le concombre, le riz, mais également le melon, la courge, la betterave ou le tabac.

Pour lutter contre les champignons parasites, il est désormais possible d'introduire dans la plante un gène - déjà présent chez certains végétaux tels que le radis - permettant de fabriquer une protéine au pouvoir fongicide (destructrice des champignons). Des colzas, des tournesols et des bananiers protégés de la sorte ont été testés en champs.

Comme le souligne Hubert Laude, membre de la Commission du Génie Biomoléculaire, les plantes ainsi améliorées présentent un potentiel agronomique considérable :

"Les bénéfices attendus de l'introduction de telles plantes dans la pratique agricole sont divers :

- réduction de l'épandage des pesticides destinés à contrôler les populations d'insectes, nématodes, champignons telluriques qui agissent comme vecteurs pour la propagation [des] maladies;
- substitution à la pratique d'infection volontaire d'une culture par une souche hypovirulente, qui peut être préjudiciable au rendement;
- amélioration significative des rendements de production"¹⁵.

B-4 Vers une amélioration qualitative

Dans le cadre d'une amélioration qualitative, le transgène vise à modifier les teneurs en certains nutriments ou à assurer une meilleure conservation du produit tout en maintenant ses qualités organoleptiques.

La teneur en amidon de pommes de terre a ainsi été accrue par le biais d'un transgène pour des utilisations industrielles (purée, féculé, frites absorbant moins d'huile de friture). D'autres améliorations de la pomme de terre sont encore en développement : réduction du brunissement (frites), amélioration des propriétés organoleptiques.

Pour les laitues et épinards, les recherches portent sur la réduction de la quantité de nitrates contenue dans les feuilles par l'augmentation de l'expression de nitrate-réductase (enzyme permettant de dégrader les nitrates).

Le riz fait également l'objet de recherche portant sur une réduction de propriétés allergisantes. Enfin, une amélioration envisagée du soja consiste en une plus haute teneur en acides aminés essentiels à la synthèse des protéines animales (par exemple, la méthionine).

C- Les plantes, usines à médicament

Les plantes ont toujours eu des usages médicinaux. Le génie génétique autorise désormais un usage nouveau des plantes qui permet d'obtenir des produits se substituant aux synthèses chimiques ou à l'extraction de substances issues d'organes humains ou animaux.

C-1 Une meilleure sécurité

En ne sélectionnant que la molécule "utile", produite par une plante, on évite les effets secondaires liés parfois à la prise de certains médicaments. Par exemple, le génie génétique permet de produire une hormone de croissance humaine et d'éviter ainsi tout risque de contamination due aux prélèvements sur des organes humains.

Grâce aux techniques du génie génétique, l'équipe de recherche bio-santé du groupe Limagrain, en collaboration avec Claude Poyard, directeur de recherche Inserm à l'hôpital du Kremlin-Bicêtre, a pu mettre au point une variété de tabac produisant la structure protéique de base de l'hémoglobine¹⁶. L'hémoglobine obtenue pourrait constituer l'élément de base d'un substitut du sang. Ce substitut sanguin produit grâce aux plantes transgéniques limitera les dangers d'infection par divers germes. Il permettra également de s'affranchir des soucis de compatibilité immunologique.

C-2 Perspectives

Certains produits médicaux issus de la culture de plantes transgéniques pourraient être synthétisés en grandes quantités et à un coût modique : les champs de maïs, de colza ou d'autres plantes seraient parfaitement adaptés pour cette "culture" d'un nouveau genre. Le taxol, anticancéreux synthétisé naturellement par un conifère (l'if), pourrait être produit en quantité à partir de cultures de cellules végétales d'if, dans lesquelles serait amélioré, par voie génétique, le système de production de ce produit. D'autres travaux portent sur des plantes susceptibles de produire une lipase (protéine enzymatique de mammifères) indispensable au traitement de certains symptômes de la mucoviscidose.

¹⁵ Hubert Laude, *Les plantes transgéniques résistantes aux virus* in *Les plantes transgéniques en agriculture*, op. cit., p.137.

¹⁶ *Nature*, vol. 386,6 - mars 1997, pages 29-30.

Questions et mise en perspective

Débat sur les plantes transgéniques et sur leurs limites.

"Le but du génie génétique en agriculture n'est pas simplement de produire plus, mais également de produire à un niveau de sécurité accru" (Axel Kahn).

La transgénèse est une opération d'une grande précision, effectuée dans des conditions de contrôle optimal, comme l'explique Jean-Pierre Zalta, Président de la Commission du Génie Génétique : "Dans la sélection naturelle, les croisements mettent en jeu des systèmes Chromosomiques et des recombinaisons extrêmement complexes. Pour les plantes transgéniques, le contrôle est beaucoup plus rigoureux et n'implique généralement qu'un seul gène, bien connu" (Toulouse, mai 1996).

Dans le cas de la tomate transgénique à maturation retardée, l'introduction du transgène ne modifie le goût ni ne présente un quelconque souci pour la santé des consommateurs :

"En effet, explique Jean-Pierre Prunier, biologiste et chercheur à l'INRA, on connaît parfaitement le gène introduit et l'effet qu'il produira".

Il reste, ainsi que le relève Axel Kahn¹⁷, que "la vision de ce champ d'activité a été troublée par la conjonction de plusieurs phénomènes, d'ailleurs sans aucun rapport avec le génie génétique en agriculture mais touchant à l'alimentation humaine dont la valeur symbolique reste extraordinairement forte". Et le généticien d'évoquer l'affaire de la "vache folle" :

"Les plantes transgéniques ont été prises dans le flot de la répugnance que suscitait chez les consommateurs l'image des vaches cessant d'être engraisées à l'herbe et amenées à devenir carnivores... et même boviphages". Axel Kahn met les choses au point :

"Naturellement, seule l'indignation permet de cimenter cet amalgame illégitime.

En effet, qu'y a-t-il de plus opposé à l'activité consistant à conférer un caractère donné à une plante grâce à un gène particulier et parfaitement caractérisé, que l'alimentation d'animaux avec un produit incertain provenant du mélange de carcasses d'espèces diverses...

On pourrait au contraire argumenter que la sélectivité des actions autorisées par le génie génétique est une des réponses possibles aux incertitudes associées à l'utilisation de produits complexes".

¹⁷ *Les plantes transgéniques en agriculture*, sous la direction d'Axel Kahn, John Libbey Eurotext, 1996, p.163.

SECTION II

L'HOMME S'ALIMENTE MIEUX : LE CONSOMMATEUR AU COEUR DE CES ÉVOLUTIONS

A- Les nouvelles exigences et attentes alimentaires du consommateur

A-1 Les nouvelles habitudes alimentaires

Au-delà de la simple satisfaction d'un besoin physiologique, l'alimentation a acquis en l'espace de quelques décennies, dans l'ensemble des pays occidentaux, le statut de sujet de société. L'analyse de 25 ans de discours alimentaire dans la presse française, effectuée par Alyette Defrance¹⁸, confirme cette tendance. Libéré de la peur de ne pas manger demain, le consommateur est désormais libre de s'interroger sur la nature de ce qu'il mange.

Les valeurs des années 1990 sont avant tout la prudence, la sécurité, qui avec la moralisation apparaissent comme autant de réponses au désarroi ambiant. L'authenticité et la vérité marquent la nouvelle quête du Graal des temps modernes : du tourisme vert aux labels et autres AOC. En témoignage le succès inattendu du *Petit Traité des Grandes Vertus* d'André Comte-Sponville.

La publication de *La cuisine du terroir* révèle de cette vision de la nourriture comme patrimoine. La cuisine devient un moyen de se remémorer, de reprendre des racines. Cette recherche d'authenticité semble en partie remettre en cause le succès des produits allégés.

On redécouvre des légumes oubliés. Le "ras-le-bol de la diététique" (pour reprendre le titre d'un article) s'exprime. Les dogmes les mieux assis de la diététique s'effondrent (autre titre de la presse magazine : "Cholestérol : on vous a menti").

De nouveaux prophètes surgissent : les papes des aliments qui soignent. Présent dans les autres domaines de la consommation, un désir de proximité se manifeste également dans le domaine alimentaire. Ainsi que le souligne la sociologue Danielle Rapoport, "la vache folle a fait prendre conscience de l'éloignement par rapport au produit"¹⁹.

A-2 Les critères d'achat alimentaire

Claude Fischler, dans *l'Histoire de l'alimentation*²⁰, distingue quatre clés d'entrée sur le marché alimentaire : "Outre le prix, trois dimensions essentielles des produits offerts aux consommateurs permettent de prédire leur succès : d'abord, bien entendu, le goût et les qualités organoleptiques (valeur de plaisir) ; mais aussi la santé et la commodité d'emploi.

Les deux premiers facteurs sont sujets à de fortes variations culturelles. La notion de santé prend une acception différente en Angleterre et en France. Tandis qu'une large partie des Anglais pensent que le fromage est chargé de graisses saturées qui menacent leurs artères, la plupart des Français voient dans le fromage et les produits laitiers des aliments riches en calcium et indispensables à l'équilibre alimentaire [...] La commodité d'emploi joue un rôle déterminant. Ainsi, pour ce qui concerne les légumes frais et les fruits, on note ce paradoxe apparent : de manière quasi-unanime, dans la plupart des pays développés mais particulièrement en France, on attribue aux légumes des valeurs nutritionnelles considérables. Néanmoins, la consommation de légumes frais ne fait que baisser. En revanche, les versions prêtes à l'emploi se développent".

¹⁸ *To Eat or Not to Eat*, Les cahiers de l'Observatoire Cidil de l'Harmonie Alimentaire, n°4 (1994)

¹⁹ cité dans *LSA*, juin 1997.

²⁰ Jean-Louis Flandrin et Massimo Montanari, *Histoire de l'alimentation*, Fayard (1996), p. 868.

B- Les produits issus des biotechnologies

Pour répondre à la diversité des besoins ainsi qu'aux nouvelles exigences des consommateurs, les aliments devront, tout en restant peu coûteux, répondre à ces attentes (meilleur goût, apport de vitamines,...).

B-1 Les nouveaux produits

En 1994, une tomate transgénique à maturation retardée a été autorisée à la production et à la vente aux Etats-Unis. Premier d'une série de produits disponibles aujourd'hui outre-Atlantique, cette tomate présentait un avantage en termes de commodité d'emploi. Indépendamment de ce caractère particulier, la variété n'a pas répondu aux attentes des producteurs. Les travaux en cours portent sur l'introduction de ce gène dans des variétés appréciées pour leurs qualités organoleptiques. Cet exemple montre bien que la valorisation d'un transgène dépendra toujours de la qualité génétique du matériel traditionnel concerné. En Europe, la Grande-Bretagne a obtenu l'autorisation d'importer une purée de tomates, à base de tomates transgéniques à longue durée de conservation. Cette purée est vendue sous marque distributeur avec un étiquetage spécifique.

B-2 Les produits en cours de développement

a- Une meilleure adaptation à certains usages

Une pomme de terre mieux adaptée à la friture est en cours de développement. Grâce à l'introduction d'un gène de modification de la texture d'amidon chez la pomme de terre, la texture de cette pomme de terre est moins spongieuse. Dès lors, elle absorbe significativement moins d'huile lors de la cuisson.

b- Un meilleur goût

Ainsi que l'explique Mathilde Causse, chercheur à l'INRA : "après avoir travaillé sur la conservation, nous travaillons maintenant sur le goût. Les tomates du futur seront très savoureuses".

Un procédé similaire à celui employé pour retarder la maturation de la tomate a permis à une équipe de recherche Ensaf-Inra d'obtenir un melon dont la conservation et la teneur en sucre sont augmentées.

c- Des huiles végétales riches en acides gras rares

L'introduction de gènes de désaturases dans les plantes oléagineuses permet d'augmenter la proportion d'acides gras insaturés, particulièrement recherchés en alimentation humaine pour diminuer les risques cardio-vasculaires.

d- Des légumes bénéfiques pour la santé

Une variété de tomates à teneur élevée en b-carotène fait actuellement l'objet de recherche en Europe. Cette vitamine constituerait notamment un élément de prévention du cancer²¹.

C- La sécurité alimentaire : la notion d'équivalence en substance

En matière de sécurité alimentaire, l'évaluation des risques se fonde sur la notion d'équivalence en substance (ES), élaborée par l'OCDE²² : on compare l'aliment nouveau à un aliment de référence, consommé depuis toujours sans effet indésirable. L'ES prend en compte les éléments de composition du produit testé (toxiques naturels, nutriments et facteurs antinutritionnels) pour les comparer à ceux de l'aliment de référence. Sont examinés : la caractérisation moléculaire (notamment ADN inséré), les traits agronomiques et la caractérisation chimique (éléments de composition mentionnés plus haut) du nouveau produit.

1. Si l'ES est démontrée, aucun test complémentaire d'évaluation n'est nécessaire.
2. Si le nouvel aliment se distingue de l'aliment de référence, par exemple du fait de protéines (liées aux gènes d'intérêt introduits), on doit en examiner le potentiel allergène et tout effet secondaire éventuel lié à une modification du métabolisme de la plante.
3. Lorsque l'ES ne peut être établie, une évaluation complémentaire doit être conduite (étude analytique, voire étude toxicologique complète).

²¹ Amica (Max Planck Institute for Plant Breeding, Cologne et John Innes Center, Norwich, Royaume-Uni) 'Science in Focus', *Tomatoes join the fight against cancer*.

²² *Evaluation de la sécurité des aliments produits à l'aide de la biotechnologie moderne : concepts et principes*, OCDE, Paris, 1993.

Questions et mise en perspective

Les nouveaux aliments issus de modifications génétiques ont-ils un goût différent ?

Ont-ils une valeur nutritive altérée ?

Les changements présentent d'abord aujourd'hui un intérêt agronomique. Le goût des aliments comportant des éléments issus de modifications génétiques n'est en rien altéré. Ainsi, la purée de tomates transgéniques commercialisée outre-Manche a d'excellents indices de satisfaction auprès des consommateurs.

Les modifications n'ont aucune incidence sur le goût ou la valeur nutritive (exceptées celles conçues à dessein pour améliorer la teneur en sucre ou en acides gras spécifiques).

Les nouveaux produits présentent-ils un potentiel allergène ?

Parmi les hypothèses envisagées concernant les plantes transgéniques et leurs produits dérivés, figure celle d'une apparition favorisée d'allergies chez les populations sensibles. Dans cette optique, toute plante transgénique et ses produits dérivés sont soumis à une série de tests dont les résultats font l'objet d'une analyse rigoureuse par une commission d'experts indépendants (la Commission du Génie Biomoléculaire qui consulte d'autres commissions). Cet examen est la condition nécessaire à toute autorisation de mise sur le marché. Ainsi, des bases de données recensant les protéines allergènes connues sont utilisées comme référence dans l'évaluation du potentiel allergène de la plante modifiée.

La notion de risque. Existe-t-il un "risque zéro" ?

Le principe de précaution justifie dans certains cas que l'on empêche ou diffère la mise en oeuvre de toute action dont l'innocuité n'a pas encore été établie. Ainsi, ce principe ne se fonde pas sur la claire connaissance d'un danger dont la preuve aurait été apportée scientifiquement. Il manifeste l'exigence de prudence au coeur des préoccupations des consommateurs.

Le principe de précaution peut recevoir une interprétation "absolutiste", qui se focalise sur une "prophétie de malheur", en ce qu'elle se fonde sur l'hypothèse de la pire des éventualités. C'est cette position extrême qu'adoptent des associations, comme le notent Catherine et Raphaël Larrère²³ à propos de Greenpeace. A ce raisonnement s'oppose notamment celui d'Olivier Godard²⁴, pour qui, résumant C. et R. Larrère, cette interprétation du principe de précaution repose sur "une mauvaise appréhension de l'incertitude, doublée d'une attitude paradoxale vis-à-vis de la science : on constate à la fois qu'elle ne fournit pas les précisions requises, et en même temps, on lui demande d'apporter une preuve absolue, une certitude positive de l'innocuité. Or les mêmes raisons qui font qu'il y a incertitude font qu'une certitude ne peut pas être atteinte : il n'y a pas de dommage zéro, il y aura toujours une marge d'incertitude".

²³ Catherine et Raphaël Larrère, *Du bon usage de la nature, pour une philosophie de l'environnement*, Alto, Aubier (1997), pp. 247 et suiv.

²⁴ Olivier Godard, *Le principe de précaution dans la conduite des affaires humaines*, Ed. de la Maison des sciences de l'homme et de l'INRA, 1997.

Troisième partie

Environnement et biotechnologies



III. Environnement et biotechnologies

A - La notion de flux de gènes des plantes améliorées vers les autres espèces

- A-1 Les risques potentiels et leur évaluation
- A-2 La possibilité de croisements entre espèces différentes
- A-3 La possibilité de transfert vers la flore microbienne

B - La contribution des biotechnologies au développement durable

- B-1 Les effets directs liés à l'activité agricole elle-même
- B-2 Les effets obtenus pour l'activité industrielle
- B-3 Des organismes modifiés génétiquement pour extraire des substances polluantes des sols
- B-4 Un outil supplémentaire pour la protection raisonnée des cultures

ENVIRONNEMENT ET BIOTECHNOLOGIES

A- La notion de flux de gènes des plantes améliorées vers les autres espèces

A-1 Les risques potentiels et leur évaluation

Le flux de gènes entre espèces est un phénomène naturel, un événement biologique peu fréquent, dont la voie principale est la dispersion du pollen.

La capacité des plantes transgéniques à transférer par pollinisation le transgène vers une plante de la même espèce ou d'une espèce voisine est souvent évoquée. La réponse à cette interrogation varie suivant le type de gène introduit, les caractéristiques botaniques de l'espèce et la présence ou non d'espèces apparentées dans l'environnement proche. Avant d'introduire la culture d'une nouvelle plante, de nombreux essais sont effectués, dans lesquels la conséquence d'une éventuelle dissémination est particulièrement étudiée. Il est ainsi possible d'apporter une réponse adaptée à chaque plante. Les options de nature à présenter des risques pour l'environnement sont naturellement écartées.

Les études effectuées aujourd'hui peuvent s'appuyer sur l'expérience apportée par plus de 10 000 essais à l'échelle mondiale. En outre, des centres de recherche étudient l'impact sur l'environnement de ces cultures à grande échelle. Il s'agit en France des essais inter-instituts (organisés par le Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains, l'Association Générale des Producteurs de Maïs, l'Institut Technique des Céréales et des Fourrages et l'Institut Technique de la Betterave) qui ont débuté en 1996.

A-2 La possibilité de croisements entre espèces différentes

Les situations diffèrent suivant les espèces : le soja, la pomme de terre et le maïs, respectivement originaires d'Asie, d'Amérique du Sud et d'Amérique centrale, ne peuvent transmettre leurs gènes et donc le transgène à des plantes environnantes en Europe où il n'existe pas d'espèces sauvages apparentées avec lesquelles elles pourraient se croiser. En revanche, la possibilité de transmission du transgène à des espèces sauvages existe en Europe pour le colza et la betterave. Le colza s'hybride avec d'autres crucifères sauvages telles que la ravenelle, la roquette bâtarde ou la moutarde des champs. Dans le cas d'une tolérance à un herbicide, cela peut donc entraîner l'apparition de mauvaises herbes tolérantes à cet herbicide. La même question se pose avec la betterave cultivée, qui peut se croiser avec la betterave sauvage, adventice des cultures betteravières.

Si la probabilité de ces croisements n'est pas nulle, il semble cependant qu'elle soit très faible. Des études sont en cours pour la mesurer.

Pierre Thuriaux²⁵ précise : "Le colza a un taux notable d'allogamie [capacité de croisement avec d'autres espèces] et une forte persistance des graines, et l'apparition de plantes multirésistantes aux herbicides devrait suivre rapidement la commercialisation des premières plantes résistantes". Il reste que les hybrides susceptibles d'apparaître ont "un taux faible de descendants viables lorsqu'on les rétrocroise avec les parents sauvages". Ils pourraient le cas échéant être contrôlés par d'autres méthodes.

Les plantes tolérantes aux herbicides ne présentent pas d'avantage compétitif par rapport à leurs homologues classiques en l'absence des herbicides concernés. De telles plantes ne se propageront donc pas plus que d'autres dans la nature.

²⁵ *Ibid.*, p.103.

A-3 La possibilité de transfert vers la flore microbienne

La possibilité du transfert d'un caractère transgénique végétal vers la flore microbienne (flore du sol ou du tube digestif) serait soumise à trois conditions qui constituent chacune des événements très rares :

- persistance dans le sol ou le tube digestif de fragments d'ADN susceptibles de contenir la totalité du transgène;
- présence de bactéries spontanément transformables;
- levée des barrières conditionnant l'intégration de l'ADN exogène à une forte homologie de séquence avec le génome bactérien.

Pierre Thuriaux, membre de la CGB, analyse : "En l'état actuel des connaissances, de tels échanges paraissent hautement improbables et les tentatives de les mettre en évidence ont été jusqu'ici infructueuses"²⁶.

B- La contribution des biotechnologies au développement durable

B-1 Les effets directs liés à l'activité agricole elle-même

B-1.1 De nouveaux outils pour la protection des cultures

L'existence de plantes tolérantes aux herbicides est liée à l'utilisation de matières actives au profil écotoxicologique favorable, c'est-à-dire à faible durée de vie, biodégradabilité rapide, respectant l'homme et l'environnement et à large efficacité.

En 1996, un nouveau système de désherbage a été lancé en Amérique du Nord qui permet d'utiliser ces herbicides spécifiques sur des cultures comme le soja, le colza et le maïs. Ces cultures peuvent supporter ce traitement grâce à l'introduction d'un gène de tolérance spécifique.

B-1.2 L'enrichissement des espèces et des variétés

La sélection classique a déjà fait la preuve de sa capacité à enrichir les espèces et variétés. Par la création d'espèces nouvelles qui constitue l'objectif premier de son activité, la sélection classique a ainsi doté le "patrimoine végétal" de spécimens nouveaux. C'est un "empirisme attentif" à l'oeuvre dès les origines de l'agriculture qui a vu naître nombre de variétés aujourd'hui partie intégrante de ce patrimoine. Comme le soulignent Catherine et Raphaël Larrère²⁷, le bocage, "construction humaine par excellence, qui associe différents agro-systèmes à un réseau de haies vives, [...] est biologiquement plus riche que la plupart des milieux naturels. La richesse des bosquets résiduels dans les grandes plaines céréalières est due à la diversité des modes d'exploitation de leur bois".

Enfin, "la diversité des objectifs poursuivis dans la sélection des variétés végétales et des races d'animaux domestiques, la diversité des pratiques et des usages, celle des structures paysagères issues d'une longue histoire de mise en valeur paysanne, soucieuse de reproduire ses propres conditions de production, sont solidaires de la diversité biologique"²⁸.

Les biotechnologies modernes, et singulièrement le génie génétique, s'inscrivent dans cette continuité en termes de diversité d'objectifs. Elles ont à leur disposition des outils qui ouvrent davantage encore le champ des possibles. Dès lors, les biotechnologies peuvent contribuer aujourd'hui encore à l'extension du patrimoine végétal.

B-2 Les effets obtenus pour l'activité industrielle

C'est dans une logique de développement durable, qui joint à l'analyse économique une prise en compte de l'impact sur l'environnement, que s'inscrivent certaines applications des biotechnologies. Elles permettent notamment de substituer aux ressources fossiles des ressources naturelles.

²⁶ Philippe Thuriaux, *Les flux de gènes in Les plantes transgéniques en agricultures, Op. cit.*, p. 104.

²⁷ Catherine et Raphaël Larrère, *Du bon usage de la nature, pour une philosophie de l'environnement*, Alto, Aubier (1997), p. 288.

²⁸ *Ibid.*, p. 289.

B-2.1 Fabrication facilitée de pâte à papier : des arbres à faible teneur en lignine

La production de papier de qualité nécessite l'élimination de la lignine. Cette opération s'effectue aujourd'hui au moyen de produits chlorés très polluants. En 1992, c'est plus de 5 millions de tonnes de produits chlorés qui ont été utilisés pour la réduction de la pulpe et le blanchiment dans l'industrie papetière pour les seuls Etats-Unis.

Les biotechnologies ont été mises à contribution afin de développer des arbres avec moins de lignine. Des expériences sont menées sur l'eucalyptus et le peuplier : le papier produit à partir de ces végétaux faiblement lignifiés devrait nécessiter de 5 à 10% de traitements chimiques et d'énergie en moins pour produire la même pâte à papier.

B-2.2 La production de matières plastiques biodégradables à partir de plants de colza modifiés

La production de plastique "naturel" est déjà une réalité économique grâce à l'utilisation d'un procédé de fermentation bactérienne. La bactérie *Alcaligenes eutrophus* permet de produire aujourd'hui des centaines de tonnes d'un plastique commercialisé sous l'appellation *Biopol*. Après avoir multiplié la bactérie dans des cuves de fermentation sur un substrat de glucose, le plastique produit est extrait pour être utilisé pour différents types de conditionnement.

Ce procédé est améliorable si l'on transfère les gènes de biosynthèse du plastique des bactéries vers des plants de colza. Ainsi, l'extraction du plastique s'effectuerait directement à partir des graines de colza. Ce plastique naturel, dont la production reposerait sur une ressource agricole renouvelable, sera totalement biodégradable.

B-3 Des organismes modifiés génétiquement pour extraire des substances polluantes des sols

Dès 1994, la revue *Nature* se faisait l'écho de la mise au point par Lawrence P. Wackett, de l'université du Minnesota, d'une souche de *Pseudomonas* modifiée, produisant deux enzymes oxygénases actives contre des CFC (chlorofluorocarbones). Certaines plantes et micro-organismes du sol ou de l'eau ont la capacité de "piéger" des polluants (métaux lourds...). L'introduction d'un gène approprié peut permettre de créer des dépolluants biologiques efficaces pour les sols. Les Etats-Unis ont ainsi autorisé en 1996 une souche de *Pseudomonas* améliorée.

Cette piste est aujourd'hui encore explorée par de nombreux laboratoires de recherche. Le génie génétique permet notamment d'accroître la capacité de certaines souches à capter des métaux.

L'Institut canadien de la recherche en biotechnologies résume, par la voix de Eileen Raymond, chargée des projets industriels : "Nul doute que l'avenir appartient à ceux qui pourront investir dans la recherche de nouveaux protocoles de traitement, mais aussi de nouvelles souches, telles que des bactéries modifiées génétiquement"²⁹.

B-4 Un outil supplémentaire pour la protection raisonnée des cultures

La protection raisonnée telle que définie par la FAO est "un système de gestion des ravageurs des cultures qui, dans le contexte de l'environnement et de la dynamique des populations des espèces nuisibles, utilise de façon aussi compatible que possible, toutes les méthodes et techniques appropriées et qui maintient la population des ennemis des cultures à des niveaux inférieurs aux seuils qui causent des dommages ou pertes inacceptables d'un point de vue économique".

C'est ainsi que les plantes résistantes aux insectes et maladies ou tolérantes aux herbicides constituent un outil supplémentaire pour cette protection raisonnée. Elles permettent de compléter les traitements classiques, facilitent le désherbage de certaines cultures au moment le plus approprié. Elles peuvent encore apporter des solutions nouvelles à des problèmes non résolus jusque là.

Ces effets bénéfiques sont déjà mesurables outre-Atlantique.

²⁹ Vincent Tardieu, *La nature contre la pollution*, Science & Vie, n°956, mai 1997.

Ainsi, les 800 000 ha de coton *Bt* (modifié sur le même mode que le maïs décrit plus haut) ont permis de diminuer jusqu'à cinq fois le nombre de traitements par hectare au cours d'une année.

De plus, les recherches menées par l'INRA permettant de préciser le rôle de la nitrate-réductase laissent augurer une meilleure gestion des apports d'engrais. Les études menées sur des plantes modifiées génétiquement ont en effet permis d'affiner la connaissance du mode d'absorption puis de réduction de nitrate.

Enfin, les biotechnologies permettront d'affiner le diagnostic : identification du problème à traiter et choix du produit phytosanitaire le plus adapté. Ainsi, il sera possible d'utiliser à bon escient le produit adéquat dans des proportions et au moment appropriés.

Questions en suspens

1. Y a-t-il une menace sur la biodiversité ?

Grâce au génie génétique, il est possible de restaurer et d'augmenter la diversité génotypique (celle de son patrimoine génétique) et phénotypique (celle de l'ensemble de ses caractères résultant de l'interaction entre ce patrimoine et le milieu) des espèces cultivées.

De plus, les biotechnologies autorisent un accroissement du potentiel de production qualitatif et quantitatif des cultures sans augmenter les surfaces cultivées. Ainsi, ces améliorations des plantes contribuent au maintien de la biodiversité générale.

En outre, par une meilleure identification des caractères, les biotechnologies engendrent une valorisation nouvelle des variétés traditionnelles ainsi que celle des collections de gènes, source des améliorations.

Le "risque zéro" n'existe pas, mais aucune étude n'a conclu actuellement à une menace qui pèserait sur la biodiversité et l'environnement du fait des organismes transgéniques, affirme Ismail Serageldine, vice-président de la Banque pour le développement durable. Il soutient de plus que les risques éventuels seraient nettement moindres que ceux engendrés par la "révolution verte" qui a permis en revanche de nourrir des centaines de millions de personnes en Asie, notamment en Inde.

2. Les biotechnologies permettent-elles de supprimer le recours aux produits phytosanitaires ?

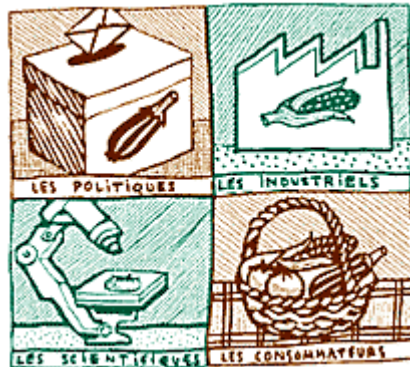
La mise au point grâce au génie génétique des plantes résistantes aux insectes et maladies, ou tolérantes à certains herbicides, constitue un nouvel outil de développement, complémentaire des moyens de lutte traditionnels.

L'utilisation de cette technologie permet donc d'élargir l'éventail des moyens de protection des cultures dont l'agriculteur a besoin pour améliorer la qualité de sa production, respecter au mieux l'environnement, voire réduire ses coûts.

Actuellement, même si l'on observe en France une tendance à la baisse de l'utilisation des produits phytosanitaires (durant les cinq dernières années, le tonnage de matières actives utilisées - volume de produits phytosanitaires - a été réduit de 20%), due à une utilisation plus raisonnée, ceux-ci restent indispensables. En effet, dans l'état actuel de nos connaissances, ils sont les seuls à pouvoir limiter les pertes de récolte dans de nombreux cas.

Quatrième partie

Les termes du débat



IV. Les termes du débat

A - Cinq catégories d'acteurs

- A-1 Les politiques
- A-2 Les industriels
- A-3 La communauté scientifique
- A-4 Les consommateurs
- A-5 Les associations et autres organisations non gouvernementales

B - Situation géopolitique : l'attitude des différents pays

C - Le cadre juridique

- C-1 La législation européenne : transcription nationale
- C-2 Les instances de décision et de contrôle en France
- C-3 L'état de la législation américaine

D - Les enjeux économiques

LES TERMES DU DÉBAT

A- Cinq catégories d'acteurs

A-1 Les politiques

Les instances européennes et nationales ont chacune un rôle clef à jouer dans le domaine des biotechnologies. Sur un plan réglementaire tout d'abord, les législations européennes et leur traduction en droit français déterminent le cadre de développement des produits autorisés ou non à la commercialisation. Sur le plan de la coordination des efforts de recherche, les programmes développés sous l'égide des autorités politiques peuvent également s'avérer décisifs.

A-2 Les industriels

Les grands groupes industriels engagés dans les biotechnologies

Groupe	Pays	Date d'engagement
Zeneca	Royaume-Uni	début des années 1970
DowElanco	USA	1978
DuPont	USA	1979
Monsanto	USA	1979
Rhône Poulenc	France	1979
Cyanamid	USA	1980
Novartis	Suisse	1980 (Sandoz)
AgrEvo	RFA	1981
Bayer	RFA	1981
Sanofi	France	1982

Les entreprises engagées dans l'industrie chimique ont investi massivement dans la recherche dans le domaine des biotechnologies. Elles ont également procédé à des alliances et à des prises de participations dans des entreprises spécialisées de moindre taille. En termes d'investissements dans le domaine des biotechnologies, l'Américain Monsanto arrive en tête, suivi de DuPont, Novartis, AgrEvo (filiale de Hoechst et de Schering, qui contrôle la firme belge Plant Genetic Systems), Dow et Zeneca. Rhône Poulenc Agro a développé dès 1979 sa propre recherche en biotechnologies ainsi qu'un partenariat avec le groupe semencier Limagrain dans les domaines des cultures résistantes aux maladies et aux herbicides et des plantes aux qualités améliorées. Rhône Poulenc Agro développe et commercialise depuis 1994 des cultures tolérantes aux herbicides. D'ores et déjà, de grands industriels de l'agro-alimentaire en Europe ont fait le choix des biotechnologies. Ainsi, Nestlé s'est déclaré fermement convaincu de ce que le génie génétique "apportera des avantages substantiels, tant aux agriculteurs et à l'industrie qu'aux consommateurs"³⁰. Unilever témoigne, dans son rapport sur l'environnement, d'un engagement dans la recherche de variétés végétales résistantes aux maladies par le biais de techniques nouvelles telles que les biotechnologies³¹. En Europe et en France en particulier, les entreprises semencières, avec des capacités d'investissements plus limitées, ont également pris le train des biotechnologies. Ces sociétés, qui ont acquis un savoir-faire dans le domaine spécifique des semences, ont saisi tout l'intérêt des avancées biotechnologiques pour les agriculteurs, les consommateurs et les industriels.

Principales entreprises semencières engagées dans les biotechnologies en France

Société	Pays d'origine de la maison-mère
Advanta	Royaume-Uni / Hollande
Desprez	France
Groupe Limagrain	France
Groupe Pau Euralis	France
Maisadour	France
Pioneer Semences	USA
RAGT	France
Semences Cargill	USA
Serasem	France
Verneuil Semences	France

A-3 La communauté scientifique

Des instituts publics et des sociétés privées ont mis en place plusieurs programmes de recherche portant sur la transgénèse végétale. Les scientifiques jouent un rôle clef au travers des instances de décisions qui rassemblent les experts émettant des avis aux sources des décisions politiques. C'est le cas par exemple des membres de la CGB, dont le rôle est développé plus bas.

A-4 Les consommateurs

C'est l'état de l'opinion, évoqué en introduction, qui influe dans une large mesure sur les décisions des politiques, échaudés par les scandales touchant aux questions de santé publique. Leur inquiétude est en partie liée à la méconnaissance des biotechnologies et des bénéfices attendus du génie génétique dans le domaine alimentaire. Une enquête parue en septembre 1997³² révèle qu'un Européen sur deux estime que les biotechnologies amélioreront notre mode de vie. 80% reconnaissent les avantages des biotechnologies dans la détection de maladies héréditaires ou la production de médicaments, et trois Européens sur dix seraient prêts à acheter des fruits génétiquement modifiés pour en améliorer le goût. Cette enquête révèle en outre la défiance des consommateurs à l'égard d'autres acteurs ou institutions : c'est aux partis politiques, à l'industrie et aux organisations religieuses que les Européens font le moins confiance pour "leur dire la vérité en ce qui concerne la biotechnologie moderne". Le principal enseignement de l'enquête demeure la complexité des opinions des Européens sur cette question, ainsi que la relative confiance des Français. Tous ces éléments démontrent la nécessité d'accroître l'information des consommateurs. Il revient à chacun d'assurer son rôle dans cet effort.

³⁰ *Position de Nestlé sur les biotechnologies*, novembre 1996.

³¹ "Our plant breeding research is at the forefront of developments to produce high-yielding crops with pest and disease resistance, using new techniques such as biotechnology" (Site Internet - www.unilever.com, Environment Overview, Other Operations).

³² *Eurobaromètre 46.1* (octobre/novembre 1996), *Les Européens et la biotechnologie* (16 246 personnes âgées de 15 ans et plus interrogées dans les 15 Etats membres de la Communauté européenne).

A-5 Les associations et autres organisations non gouvernementales

Des associations de consommateurs telles que l'UFC-Que choisir ont exprimé leur souci de voir appliquer le principe de précaution pour tout produit alimentaire issu de modifications génétiques. La prudence est leur préoccupation majeure. Marie-José Nicoli, Présidente de l'UFC-Que choisir, a récemment fait état de sa position dans un entretien accordé à la revue AgroPerformances (octobre 1997, hors-série "Spécial OGM"). Selon la Présidente de l'UFC-Que choisir, "aujourd'hui, la directive européenne ne permet pas un étiquetage correct et fiable". Elle reconnaît cependant que "[l']on se heurte là à des problèmes de coût et de transparence. Industriels et gouvernements jugeront peut-être que les consommateurs sont trop exigeants". La Présidente de l'UFC-Que choisir résume : "Il n'y a pas d'opposition farouche et définitive aux plantes transgéniques.[...] On ne peut pas considérer aujourd'hui que l'agriculture n'a pas le droit d'utiliser l'innovation que constituent les plantes transgéniques".

Des associations écologistes se sont opposées à toute avancée dans les applications agronomiques et alimentaires des biotechnologies. Elles ont parfois été jusqu'à appeler à la suspension de toute autorisation de culture de plantes transgéniques. Elles prônent souvent une généralisation de l'agriculture biologique.

B- Situation géopolitique : l'attitude des différents pays

Malgré les programmes de recherche communautaire mis en place en Europe, les réalités des pays demeurent encore contrastées. Le tissu des PME spécialisées dans les biotechnologies est en effet encore peu développé en Europe, à l'exception du cas britannique. A l'opposé, l'Amérique du Nord a vu fleurir un ensemble de PME dans ce domaine, dont la plupart ont connu une croissance vertigineuse. Des programmes de recherche, en lien avec les universités locales les plus renommées, ont vu le jour. Comme l'illustre le tableau de la page suivante, les Etats-Unis arrivent largement en tête des autorisations délivrées, l'Europe demeurant de loin la plus restrictive, avec seulement cinq produits autorisés à ce jour. De plus, la procédure d'autorisation de commercialisation auprès des instances européennes détient un record de durée.

LES TERMES DU DÉBAT

Types de plantes transgéniques autorisées et (ou) commercialisées en 1997

Produits	Pays
Chicorée (stérilité mâle)	Europe* ce
Colza (stérilité mâle)	Europe*
Colza (tolérance au glufosinate)	Japon
Colza (tolérance au glyphosate)	Canada, Etats-Unis**
Colza (tolérance au glufosinate, ou stérilité mâle)	Canada, Etats-Unis
Colza (acide laurique élevé)	Canada
Colza (composition de l'huile)	Etats-Unis
Coton (tolérance au bromoxynil)	Etats-Unis
Coton (résistance aux insectes)	Etats-Unis, Mexique, Australie, Japon**
Courgette (résistance aux virus)	Etats-Unis
Maïs (tolérance aux insectes)	Etats-Unis, Canada, Japon**
Maïs (tolérance au glufosinate, stérilité mâle)	Etats-Unis
Melon (résistance aux virus)	Etats-Unis
Pomme de terre (résistance aux insectes)	Etats-Unis, Canada, Japon**
Soja (tolérance au glyphosate)	Etats-Unis, Canada, Japon**, Argentine, Europe **
Tabac (tolérance au bromoxynil)	Europe
Tomate (maturation retardée)	Etats-Unis, Grande-Bretagne***

Source : Revue de presse

* Production de semences ** Importations uniquement *** Importation de concentré

L'attaché agricole à l'ambassade de France à Washington résume : "A Washington, les biotechnologies sont vues comme un enjeu majeur, autant que les technologies de l'information".

Par ailleurs, le Japon a déclaré en 1981 que les biotechnologies constituaient une priorité nationale. Le Ministère du Commerce extérieur et de l'industrie (MITI) tient les biotechnologies comme l'une des activités offrant le plus de perspectives dans les années à venir, avant même les technologies de l'information. Ainsi, "le développement industriel des biotechnologies repose au Japon sur une collaboration étroite entre la recherche publique et les industriels et sur les groupes industriels nippons qui ont massivement investi dans la recherche à partir de 1982 : l'industrie agro-alimentaire (avec Suntory, Ajinomoto et Takara), chimique (Mitsui, Mitsubishi, Sumitomo,...) et pharmaceutique (Takeda...)"³³.

C- Le cadre juridique

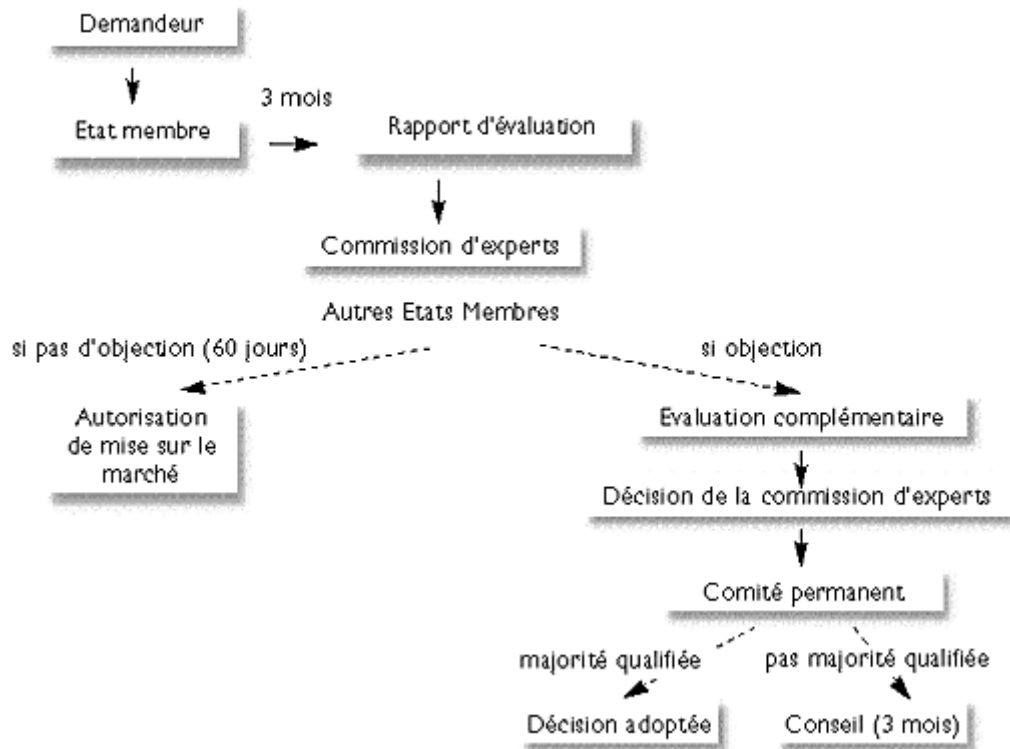
C-1 La législation européenne : transcription nationale

La réglementation relative à la dissémination d'organismes transgéniques est fondée sur la directive 90/220 CEE du 23 avril 1990. Cette directive "horizontale" avait pour objectif l'harmonisation des procédures d'évaluation et d'autorisation de dissémination d'organismes transgéniques. La partie C de cette directive définit les modalités de l'acceptation d'un organisme transgénique sur le plan européen. Après approbation par les instances de l'un des Etats membres - au terme d'une évaluation des risques potentiels pour l'homme et pour l'environnement - le dossier est transmis aux autorités compétentes des autres Etats.

Si des objections sont soulevées par certains des Etats, l'autorisation fait l'objet d'un vote à la majorité qualifiée (au moins 62 voix sur 87) au sein d'un Comité *ad hoc*, composé de représentants des Etats membres et présidé par un représentant de la Commission.

Si cette majorité n'est pas atteinte, la dissémination peut encore être approuvée par décision du Conseil des ministres de l'environnement, qui dispose de trois mois pour autoriser cette dissémination. Passé ce délai, l'autorisation de dissémination est refusée au sein de la communauté européenne.

Procédure européenne d'autorisation de mise sur le marché



³³ Chantal Ducos, Pierre-Benoît Joly, *Les biotechnologies*, Ed. La Découverte, coll. Repères, p. 86.

Le règlement "Nouveaux aliments".

Publié le 14 février 1997, ce règlement prévoit une procédure pour l'évaluation de la sécurité alimentaire des produits, avec notamment des dispositions relatives à l'étiquetage. Un tel étiquetage est en particulier nécessaire lorsque :

- Le nouvel aliment ou ingrédient contient ou consiste en un organisme génétiquement modifié;
- Le nouvel aliment ou ingrédient, issu d'organismes génétiquement modifiés ou non, n'est plus équivalent à un aliment ou ingrédient traditionnel.

Par ailleurs, la présence dans le nouvel aliment de matières qui peuvent avoir des incidences sur la santé de certaines catégories de population ou de matières qui suscitent une réserve d'ordre éthique doit être signalée. Les modalités d'application de cet étiquetage relèveront du Comité Permanent des Denrées Alimentaires (CPDA) sur proposition du demandeur.

Le 18 juin 1997, la Commission européenne a adopté un règlement (97/35) rendant désormais obligatoire l'étiquetage des produits contenant des organismes génétiquement modifiés. Ce règlement est immédiatement applicable dans les Etats membres. Concernant les produits importés déjà autorisés, le soja et le maïs, un règlement du 19 septembre 1997 prévoit un étiquetage obligatoire au 1er novembre.

C-2 Les instances de décision et de contrôle en France

Dans le cadre de la loi du 13 juillet 1992 (qui transcrit en droit français les directives 90/219 et 90/220 CEE), les autorisations d'utilisation confinée (laboratoires ou serres) à des fins de recherche ou d'enseignement des produits issus de la transgénèse sont soumises à l'évaluation de la Commission du Génie Génétique (CGG). La Commission du Génie Biomoléculaire (CGB), quant à elle, donne son avis sur les autorisations de mise sur le marché (AMM), données en définitive par l'Union Européenne. Avant de rendre son avis, la CGB consulte le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF).

Sollicité par une société concernant la mise sur le marché d'une plante transgénétique, le Ministère de l'Agriculture consulte la CGB ainsi que le CTPS (Comité Technique Permanent de la Sélection des Plantes Cultivées).

Le CTPS (dont le champ de compétence couvre l'examen des nouvelles variétés proposées à la mise en culture en France) vérifie :

1. la **distinction** (on s'assure du caractère inédit de la variété proposée),
2. l'**homogénéité** de la variété examinée,
3. la **stabilité** des plantes nouvelles, d'une génération à l'autre,
4. leur valeur **agronomique et technologique**, le cas échéant.

Quant à la CGB, elle évalue spécifiquement l'impact pour l'homme et pour l'environnement des plantes transgénétiques. Pour les tolérances aux herbicides, le Comité d'homologation et la Commission des toxiques sont également consultés.

Champ de compétence et composition des Commissions de contrôle

Commission du Génie Génétique	Commission du Génie Biomoléculaire
Utilisation des organismes transgéniques pour la recherche, le développement et l'enseignement	Dissémination des organismes transgéniques dans l'environnement, mise sur le marché
sous l'autorité des Ministères de la Recherche et de l'Environnement	sous l'autorité des Ministères de l'Agriculture et de l'Environnement
19 membres nommés	18 membres nommés
4 par le Ministère de la Santé 4 par le Ministère de la Recherche 4 par le Ministère de l'Environnement 1 par le Ministère de l'Industrie 1 par le Ministère de l'Agriculture 1 par le Ministère de l'Intérieur 1 par le Ministère de la Consommation 1 par le Ministère de la Défense 1 par le Ministère du Travail 1 membre de l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques	11 experts nommés par les ministres de l'Environnement et de l'Agriculture 1 expert juridique 1 représentant des industries 1 représentant de la production agricole 1 représentant d'une association de défense des consommateurs 1 représentant d'une association de défense de l'environnement 1 représentant des salariés travaillant avec des organismes transgéniques 1 membre de l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques

C-3 L'état de la législation américaine

*Procédures d'agrément aux Etats-Unis*³⁴

Depuis 1987, les Etats-Unis ont mis en place le suivi et le contrôle des plantes transgéniques et de leurs dérivés, à travers trois agences fédérales :

- le service d'inspection sanitaire des animaux et plantes (APHIS) de l'U.S. *Department of Agriculture*;
- la *Food & Drug Administration (FDA)*;
- l'*Environmental protection Agency (EPA)*.

L'APHIS régleme les échanges inter-Etats, l'importation et les essais en culture des plantes transgéniques afin d'en garantir l'innocuité pour l'environnement.

³⁴ d'après Claude Chéreau, Conseiller agricole de l'Ambassade de France à Washington, art. *L'importance des biotechnologies dans la stratégie agro-alimentaire des Etats-Unis*, in *Chambres d'agriculture*, supplément au n° 855, mai 1997.

La FDA réglemente les additifs et nouveaux aliments, ainsi que les médicaments destinés aux animaux dont les résidus peuvent subsister dans les aliments. La FDA s'est prononcée contre l'identification obligatoire des produits génétiquement modifiés, qu'elle considère comme assimilables aux produits traditionnels.

Enfin l'EPA intervient uniquement dans l'agrément des plantes transgéniques résistant aux maladies ou aux insectes, assimilées aux pesticides.

L'attitude de l'APHIS concernant les plantes transgéniques peut être ainsi résumée :

1. Les produits issus de la culture de plantes transgéniques ne doivent pas différer fondamentalement des produits non modifiés ou traditionnels;
2. C'est le produit obtenu au terme de la chaîne de culture et de transformation qui fait l'objet d'un contrôle et non le processus d'obtention;
3. La réglementation doit être fonction de l'utilisation finale du produit et fondée, si nécessaire, sur une analyse au cas par cas;
4. Enfin, les lois existantes, fondées sur la pratique traditionnelle de l'hybridation et sur 7 à 8 ans d'expérience de l'utilisation de semences génétiquement modifiées, donnent une garantie suffisante pour l'ensemble de la réglementation concernant les biotechnologies.

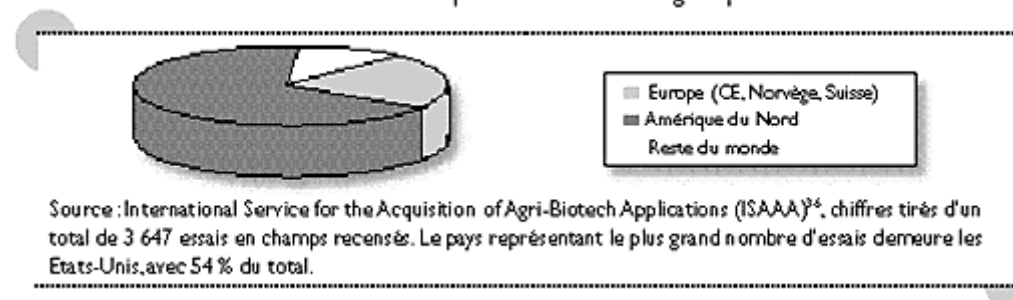
Dès lors, dans l'esprit du législateur américain, il n'y a pas lieu d'élaborer un dispositif réglementaire spécifique aux produits issus de la transgénèse végétale.

A l'opposé d'une législation européenne qui s'ordonne autour du principe de précaution, les agences américaines, au premier rang desquelles la FDA, se conforment à une logique de contrôle *a posteriori*. A l'inverse, la FDA effectue des contrôles systématiques sur les produits importés.

D- Les enjeux économiques

Alors que l'Europe a approuvé la culture de cinq produits transgéniques, les Etats-Unis en ont approuvé 23, le Canada 11 et le Japon 7.³⁵

Localisation des essais en champs de cultures transgéniques de 1986 à 1995



Les Etats-Unis disposent de la gamme de produits issus de modifications génétiques la plus complète. Les semences et plantes transgéniques sont ainsi utilisées de manière significative outre-Atlantique, à l'inverse de la pratique européenne. En 1997, la culture des plantes transgéniques représente 7 millions d'hectares plantés aux Etats-Unis. Cette utilisation confère aux Américains un avantage compétitif en termes de productivité.

³⁵ European food Information Council; G. Braunschweiger et C. Conzelmann, *Food industry supplies obtained through genetic modification : what's already on the market ?* (Bg. VV-Helft 1/97).

³⁶ ISAAA, *Global Review of Field Testing and Commercialisation of Transgenic Plants* (1996).

Le tableau suivant indique les surfaces des cultures de plantes transgéniques en 1996.

Plantes transgéniques : surfaces cultivées en 1996 en milliers d'hectares

Plante	Etats-Unis	Canada	Europe	Autre	Total
Maïs	188	0	0	0	188
Coton	800	0	0	0	800
Colza	0	140	0	0	140
Soja	400	0	0	150	550
Tomate	4,4	0	0	20	24,4
P. de terre	0	0	0	0,4	0,4
Tabac	0	0	0	800	800
Total	1392,4	140	0	970,4	2502,8

Source : G. Braunschweiger et C. Conzelman

L'utilisation des semences de plantes modifiées génétiquement ne cesse de s'accroître hors d'Europe. Leur surface cultivée aux Etats-Unis est ainsi multipliée par 10 de 1996 à 1997. En 1997 plus de 12 millions d'hectares ont été plantés en Amérique du Nord, dont un tiers de maïs, un tiers de soja, le reste se partageant entre coton, colza, pomme de terre et tomate³⁷. Le nombre d'autorisations croît dans le même temps, qui entraînent mécaniquement un accroissement de la part des biotechnologies dans l'industrie des semences.

Plantes transgéniques : surfaces cultivées en 1997
en milliers d'hectares (Amérique du Nord)

Maïs	4 400
Soja	5 000
Coton	1 360
Colza	1 600
Pomme de terre	12

Les entreprises dominant ce marché sont autant européennes qu'américaines. Cependant, le blocage réglementaire européen a entraîné un déplacement des investissements en recherche et développement des firmes européennes vers les Etats-Unis et le Canada.

³⁷ BIO Survey of members (1997).

Les exploitants agricoles en France ne sont pas autorisés à utiliser des variétés génétiquement modifiées susceptibles d'accroître leur productivité, et ce, alors même que leurs collègues d'autres continents adoptent ces produits. C'est le cas notamment en Amérique du Nord, en Chine et en Amérique du Sud. Sur le long terme, ce phénomène entraînera des pertes de parts de marché à l'export pour l'agriculture européenne. Le problème de la compétitivité est également crucial dans le secteur de l'industrie semencière, qui compte de nombreuses PME en Europe.

Questions et mise en perspective

1. Le report de l'autorisation de culture des plantes transgéniques en France, alors même que l'importation est libre, est-il fondé ?

Le 12 février 1997, le Premier ministre décidait de repousser l'autorisation de cultiver le maïs. L'importation du maïs transgénique a pourtant été autorisée sous condition d'étiquetage le 5 février.

L'ensemble des représentants de toutes les organisations professionnelles et syndicales composant l'interprofession semences du GNIS, dans un communiqué de presse en date du 24 février 1997, a exprimé les raisons de son désaccord :

"1) L'interdiction [de la culture des variétés de plantes génétiquement modifiées] a été décrétée alors que les réglementations françaises et européennes créées et contrôlées par le gouvernement ([qui] avait lui-même âprement défendu [cette autorisation] quelques semaines plus tôt auprès de Bruxelles), avaient été scrupuleusement appliquées et respectées et, malgré l'avis unanimement favorable des plus hautes instances scientifiques concernées (notamment la CGB présidée par le Professeur Axel Kahn);

2) Lorsque la commercialisation de ce type de variété aura été autorisée dans un autre pays de l'Union européenne (ce qui est en cours), rien n'empêchera leur libre importation en France, à moins d'instituer un contrôle et une interdiction d'entrée aux frontières françaises en totale contradiction avec les règles de libre circulation du marché unique communautaire;

3) En 1997, plusieurs millions d'hectares dans le monde sont implantés avec des variétés transgéniques et l'importation de cette production en France est autorisée par le gouvernement sous la simple formalité de devoir se conformer au devoir d'information du consommateur. La production agricole française, qui ne pourra bénéficier de l'avantage concurrentiel procuré par ces nouvelles variétés, se trouvera en position défavorable sur les marchés;

4) La recherche française en biotechnologie végétale (pourtant soutenue et encouragée par le gouvernement) va subir un retard technologique tel qu'un risque sérieux existe de la voir disparaître, plaçant l'agriculture française en situation de dépendance complète".

2. Le rapport de force macro- et micro-économique : qui seront les acteurs de demain ?

Le risque majeur d'isolement affleure dès aujourd'hui pour l'Europe, à l'heure où l'Amérique du Nord, mais aussi l'Asie, se sont engagées dans les applications agronomiques des biotechnologies. L'Europe dispose pourtant d'atouts majeurs dans ce domaine. Ainsi, trois des cinq premiers groupes mondiaux du secteur sont européens. Cependant, si la situation actuelle de blocage devait perdurer, les conséquences pour nombre de sociétés du secteur en Europe pourraient être sérieuses.

3. Etiquetage : une prise de position internationale des associations semencières.

La Fédération Internationale des Semences et l'Association Internationale des Sélectionneurs (ASSINSEL) ont adopté au cours du Congrès mondial de la semence (Stockholm, 26 au 30 mai 1997) une position sur les variétés végétales génétiquement modifiées, considérant que :

- "une fois qu'il a été établi qu'une nouvelle variété transgénique était substantiellement équivalente aux variétés existant dans le commerce, il ne devrait plus y avoir de préoccupation supplémentaire concernant la sûreté des produits transformés tout au moins en ce qui concerne la méthode de développement de la variété. Pour cette raison, l'ASSINSEL et la FIS considèrent qu'un étiquetage obligatoire des variétés transgéniques approuvées et des produits génétiquement améliorés substantiellement équivalents aux produits existants, en tant que tels, n'est ni nécessaire ni techniquement justifié".

Ces instances précisent :

"Lorsqu'un étiquetage est imposé légalement, les informations seront fournies de façon claire et compréhensible pour les agriculteurs et les consommateurs. En plus de cet étiquetage obligatoire, l'industrie des semences offre une politique ouverte d'information sur ses produits. Elle fera tout ce qu'elle peut pour rendre les choses claires, de façon à permettre une acceptation rapide de la modification génétique".

Enfin, "si un produit dérivé d'une variété génétiquement améliorée n'est pas substantiellement équivalent à un produit existant, il devra alors être étiqueté de façon appropriée pour indiquer la caractéristique ou propriété alimentaire qui le différencie. Ceci inclurait la composition, la valeur nutritionnelle ou l'utilisation prévue."

C o n c l u s i o n

Les Plantes Génétiquement Modifiées Une clef pour l'avenir

Accorder la priorité au consommateur, c'est avant tout garantir son droit à accéder à l'information.

C'est dans une telle démarche que s'inscrit ce Livre Blanc.

Dans le contexte présent de la consommation alimentaire, où la confiance du consommateur a été ébranlée, l'industrie semencière et de la protection des plantes prend donc publiquement ses responsabilités pour répondre au droit imprescriptible du consommateur à l'information.

Les industriels en ont l'intime conviction, l'apport des biotechnologies dans le domaine de l'alimentation ne saurait être assimilé au seul productivisme : la qualité en est indissociable. Les biotechnologies, ainsi que l'illustrent déjà certaines applications, peuvent être mises au service de la qualité alimentaire, un acquis essentiel de ce siècle.

Les enjeux démographiques et alimentaires dépassent de beaucoup le champ d'action et de compétence des entreprises semencières et de la protection des plantes.

C'est bien à la société toute entière, à ses élus et représentants politiques, qu'il appartient d'examiner attentivement et sereinement les enjeux et les réponses à y apporter.

Au-delà des seules perspectives économiques qui cristallisent les problématiques de marchés, et où l'Europe se doit d'exister et de se faire entendre, c'est de l'alimentation humaine en général qu'il s'agit : la nôtre, où la notion de qualité a pris le pas sur la quantité, mais aussi et surtout celle de pays où l'accès à l'alimentation est encore un objectif à atteindre.

Les outils du génie génétique présentent, ainsi que nous avons pu le découvrir au fil de ce livre blanc, des atouts indéniables au service du développement durable. L'utilisation raisonnée des plantes génétiquement modifiées peut en effet, au-delà de leur viabilité économique, participer à l'amélioration de la viabilité écologique³⁸.

Il appartient donc au politique de conserver l'initiative sur un tel sujet et de jouer le rôle moteur qui lui Revient légitimement. Cette démarche doit s'inscrire de manière volontariste dans une perspective à long terme. L'intégration de tous les aspects liés aux biotechnologies devrait permettre à la société toute entière de tirer le meilleur profit d'une avancée qui est appelée à jouer un rôle majeur au XXIe siècle. C'est là que réside l'essence même du pouvoir d'anticipation et d'action du politique.

³⁸ OCDE, Le développement durable, Stratégies de l'OCDE pour le XXIe siècle, Paris, 1997.

Bibliographie sélective

Les Plantes Génétiquement Modifiées *Une clef pour l'avenir*

Rapports parlementaires

- Claude Huriet, *Renforcer la sécurité sanitaire en France* (1996-1997).
- Jean-François Mattéi, *Les liens entre la santé et l'environnement, notamment chez l'enfant*, Rapport pour l'Office parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques.

Ouvrages de référence

- Comité des Applications de l'Académie des Sciences, *Les techniques de transgénèse en agriculture, Applications aux animaux et aux végétaux*, Rapport commun n°2, Tec & Doc, Ch. III *Les plantes transgéniques et leur utilisations en agriculture*, p. 35 et suivantes (octobre 1993).
- Catherine Allais, *Génétique et éthique*, coll. Qui, quand, quoi ? Hachette (1995).
- Françoise Decloître, Christina Collet-Ribbing, *Le génie génétique appliqué à la production alimentaire*, CNERNA-CNRS, Lavoisier Tec & Doc (mai 1997).
- Alyette Defrance, *To Eat or Not to Eat*, Les cahiers de l'Observatoire Cidil de l'Harmonie Alimentaire, n°4 (1994).
- Pierre Douzou, Gilbert Durand, Philippe Kourilsky, Gérard Sicler, *Les biotechnologies*, Que Sais-Je ? PUF (1995).
- Jean-Louis Flandrin, Massimo Montanari, *Histoire de l'alimentation*, Fayard, p. 868 (1996).
- Chantal Ducos, Pierre-Benoît Joly, *Les biotechnologies*. Ed. La Découverte, coll. Repères (1988).
- François Gros, *L'ingénierie du vivant*, Odile Jacob (1990)/Point Seuil (avril 1992).
- Louis-Marie Houdine, *Le génie génétique, de l'animal à l'homme*, coll. Dominos, Flammarion (1997).
- Catherine Larrère, Raphaël Larrère, *Du bon usage de la nature, pour une philosophie de l'environnement*, Alto, Aubier (1997).
- Axel Kahn, *Société et révolution biologique*, Pour une éthique de la responsabilité, INRA Ed. (1996).
- Axel Kahn, Dominique Rousset, *La médecine du XXIe siècle. Des gènes et des hommes*, Bayard (septembre 1996).
- Sous la direction d'Axel Kahn, *Les plantes transgéniques en agriculture. Dix ans d'expérience de la Commission du Génie Biomoléculaire*, John Libbey Eurotext (1996).
- Louis Malassis, *Nourrir les hommes*, coll. Dominos, Flammarion (1994).
- J. Margat, *Les ressources en eau*, coll. Manuels et Méthodes, N°28, Ed. BRGM (1996).
- Oerke, Dohne, Schönbeck and Weber, *Crop production and crop protection*, Elsevier, Amsterdam (1994).
- Patrick Pigeon, *Espaces ruraux et échanges internationaux*, Economica (1997).
- Maguelonne Toussaint-Samat, *Histoire naturelle et morale de l'alimentation*, Bordas.

Rapport, études, brochures

- Comité des Applications de l'Académie des Sciences, *Les techniques de transgénèse en agriculture, Applications aux animaux et aux végétaux*, Rapport commun n°2 (octobre 1993).
- ORCD Document, *Food Security Evaluation* (1996).
- OCDE, *Le développement durable, Stratégies de l'OCDE pour le XXIe siècle*, Paris (1997).
- International Policy Council on Agriculture Food & Trade, *Attaining Global Food Security by 2025* (novembre 1996).
- Etudes ARCANÉ *Les semences transgéniques en France, état des motivations et des freins pour le développement*, réf. 96ST01 (juillet 1996).
- International Food Information Council, *Background information on Food Biotechnology*.
- World Resources Institute, Centre de recherche pour le développement mondial/Comité 21, *Ressources mondiales* (1996-1997).
- Brochure UIPP, *Protéger les cultures, une nécessité*.
- Business Decisions Ltd/University of Sussex, Science Policy Research Unit pour Europakio, *Benchmarking the competitiveness of biotechnology in Europe* (1997).

Colloques/conférences

- Véronique Le Roy, *La dissémination d'organismes génétiquement modifiés (OGM) : la prudence est-elle possible ?* (synthèse d'un colloque du 25, 27 mai 1994), coll. Les cahiers de l'environnement, n°12, INRA (1996).
- Colloque de La Villette, Bibliothèque Albin Michel, Idéca, *Le savant et le politique aujourd'hui*.
- M. Chambolle, J.-L. Volotier, P. Combris, *L'observatoire des consommations alimentaires : Objectifs, méthodes et réalisations*, exposé présenté à L'Institut Français pour la Nutrition en février 1995.

Enquêtes d'opinion

- IDDEM, *Le grand public et sa perception des biotechnologies et des plantes génétiquement modifiées* (mai 1997).
- Eurobaromètre 46.1, *Les Européens et la biotechnologie* (octobre/novembre 1996).

Revue spécialisée

- *Les biotechnologies au menu*, numéro spécial, Biofutur, 160 (octobre 1996).
- *Les problèmes alimentaires dans le monde*, Cahiers français (oct.-déc. 1996).
- *Les plantes transgéniques, enjeux et risques*, Lettre Bio du département des Sciences de la Vie du CNRS (avril 1997).
- *Génie génétique et oléagineux*, dossier de la revue Oléagineux Corps gras Lipides, vol. 4, n°2 (mars-avril 1997). John Libbey Eurotext - notamment : ① *Commission du Génie Biomoléculaire et biovigilance*, entretien avec Axel Kahn ② Claude Chéreau, *L'importance des biotechnologies dans la stratégie agro-alimentaire des Etats-Unis* (p. 129).
- *Vers une seconde révolution verte*, article *Les biotechnologies sous le feu des critiques* et article *Des plantes miracles en ligne de mire* (p. 19) Biofutur (juillet-août 1997).
- *Spécial OGM*, Hors Série de AgroPerformances (octobre 1997).