HAL
open science

Transgénèse végétale : quelles craintes pour l'avenir ?

Catherine Chevallier

To cite this version:

Catherine Chevallier. Transgénèse végétale : quelles craintes pour l'avenir ?. Sciences pharmaceutiques. 2000. dumas-01643547

HAL Id: dumas-01643547

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01643547v1

Submitted on 21 Nov 2017

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UFR de Pharmacie
UNIVERSITÉ Grenoble Alpes

BIBLIOTHÈQUES UNIVERSITAIRES Grenoble Alpes

UNIVERSITÉ Grenoble Alpes
Grenoble INP

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il n'a pas été réévalué depuis la date de soutenance.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact au SID de Grenoble :
bump-theses@univ-grenoble-alpes.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4
Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/juridique/droit-auteur
http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm

B.U.M. GRENOBLE
D 115 040948 3

1er exemplaire

UNIVERSITE JOSEPH FOURIER FACULTE DE PHARMACIE DE GRENOBLE

Année : 2000 **n° d'ordre** : 7025

Transgénèse végétale : quelles craintes pour l'avenir ?

THESE PRESENTEE POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN PHARMACIE

DIPLOME D'ETAT

CHEVALLIER Catherine
[Données à caractère personnel]

THESE SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 07 JUILLET A 18 HEURES

DEVANT LE JURY COMPOSE DE :

P. GUIRAUD, Maître de conférences Biologie cellulaire **Président du jury**

M. DELETRAZ , Maître de conférences Droit Economie Pharmaceutique

B. SABATIER, Docteur vétérinaire

BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE
GRENOBLE
MÉDECINE - PHARMACIE

UNIVERSITE JOSEPH FOURIER FACULTE DE PHARMACIE DE GRENOBLE

Année : 2000 **n° d'ordre** :

Transgénèse végétale : quelles craintes pour l'avenir ?

THESE PRESENTEE POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN PHARMACIE

DIPLOME D'ETAT

CHEVALLIER Catherine
[Données à caractère personnel]

THESE SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 07 JUILLET A 18 HEURES

DEVANT LE JURY COMPOSE DE :

P. GUIRAUD, Maître de conférences Biologie cellulaire **Président du jury**

M. DELETRAZ , Maître de conférences Droit Economie Pharmaceutique

B. SABATIER, Docteur vétérinaire

BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE
GRENOBLE
MÉDECINE - PHARMACIE

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont entourée lors de mon travail sur ce sujet, qui m'ont donné des idées, m'ont encouragée, m'ont soutenue.

Je remercie P. GUIRAUD, président de ma thèse, pour son aide et ses conseils. Elle m'a permit de travailler sur le sujet que j'appréciais le plus.

Je remercie également M.DELETRAZ et B.SABATIER, qui ont bien voulu faire partie de mon jury.

Je remercie également toutes les personnes qui m'ont soutenue et aidée lors de la recherche de documents et de la rédaction : Françoise LOUNA, Elsa MARMEY, Mahdi MOVAHEDKHAH....

Je remercie aussi toutes les personnes qui m'ont entourée : Sonia, Fatima, Samia, David, Odette... Leur soutien m'a été précieux.

Je remercie enfin les personnes qui m'ont aidée à me familiariser avec le matériel informatique : Bruno, Reza, Madjid....

Sommaire

Transgénèse végétale : quelles craintes pour l'avenir ?

Sommaire : .....P 3

Abréviations :.....P 6

Lexique : .....P 9

Introduction :.....P12

1. Qu'est ce que la transgénèse ? :

1.1. Quelques définitions : 15

1.2.Transgénèse végétale et industriels : 16

1.3. Les différentes sortes de plantes modifiées : 18

1.4. Méthodes d'obtention : 22

1.5. Problèmes liés à la fabrication : 37

1.6. Méthodes d'évaluation des risques: 39

2. Les risques associés :

2.1. Qu'est ce que le risque : 44

2.2. Vers une nouvelle étape : 46

2.3.Les gènes de résistance aux antibiotiques : 47

2.4. Résistance aux virus : 53

2.5. Flux de gènes : 56

2. 6. Le pollen transgénique : 64

2.7 . Problèmes liés à la consommation : 66

3. Les consommateurs :

3.1. L'opinion des européens : 75

3.2. L'information : 84

3.3. Les actions menées : 88

4.L'encadrement juridique :

4.1. La réglementation : 99

4. 2 L'étiquetage : 103

4.3. La traçabilité : 108

4.4. Le principe de précaution : 110

4.5. Autorisation de mise sur le marché : 117

4.6. La biovigilance : 121

4.7. Les responsables : 123

Conclusions :

Bibliographie : 126

Annexes : 138

Abréviations

Abréviations

AB : Agriculture Biologique

ACNFP : Advisory Commitee on Novel Foods and Process

ACTIA : Association de Coordination Technique pour l'Industrie Agroalimentaire

ADN : Acide DésoxyriboNucléique

ADN-T : Acide DésoxyriboNucléique T

AFSSAPS : Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments et de Produits Sanitaires

ARN : Acide Ribonucléique

AMM : Autorisation de Mise sur le Marché

AMP : Adénosine MonoPhosphate

CMV : Cauli Mosaïc Virus

CEA : Commissaria à l'Energie Atomique

CEE : Communauté Economique Européenne

CETIOM : Centre Technique Iinterprofessionnel des Oléagineux Métropolitains

CGB : Commission de Génie Biomoléculaire

CGG : Commission de Génie Génétique

CNRS : Centre National de Recherche Scientifique

CSHPF : Conseil Supérieur d'Hygiène Publique en France

CPDA : Comité Permanent des Denrées Alimentaires

CUJ : Union des Consommateurs Japonais

EPSP : 5-Enol PyruvylShikimate-3-Phosphatesynthase

EPA : US Environmental Protection Agency

FabRAGE : Fabuleuse Résistance contre la Modification Génétique

FDA : Food and Drug Administration

GUS : Gène de la béta-glucuronidase

Ig E : Immunoglobuline E

INRA : Institut National de Recherche Agronomique

INSERM : Institut National de Santé et de Recherche Médicale

JOCE : Journal Officiel de la Communauté Européenne

MAT : Multi AutoTransformation

M6P : Mannose-6-Phosphate

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economique

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

OGM: Organisme Génétiquement Modifié

ONG : Organisation Non Gouvernementale

ONU : Organisation des Nations Unies

OPCST : Office Parlementaire des Choix Scientifiques et Techniques

PCR : Polymerase Chain Reaction

PEG : PolyEthylene Glycolle

PH : Potentiel Hydrogène

PAT : Phosphinotricine AcétylTransférase

PMI : PhosphoManose Isomérase

PTT : PhosPhinoTricine

PS : Parti Socialiste

UNESCO :United Nations Educational Scientific and Cultural Organisation

USA : United States of Amerique

USDA : United States Department of Agriculture

UVB : ultra violet B

Petit lexique

Petit lexique :

ADN : Acide désoxyribonucléique qui est l'élément constitutif des chromosomes, supports matériels de l'hérédité

ADN exogène : ADN qui n'appartient pas à la cellule dite

ADN monocaténaire : ADN constitué d'un seul brin

Allogames : Issues de reproduction sexuée par des gamètes provenant de parents différents

Alpha-amylase : Enzyme qui hydrolyse le maltose en sucre, contenue dans la salive

Anticorps : Substance protidique élaborée par les lymphocytes du sang en réaction à l'introduction dans l'organisme de substances qui lui sont étrangères. Elément principaux de la défense immunitaire, ils inactivent les antigènes en se combinant à eux pour former des complexes antigènes-anticorps.

Bactériophage : Virus s'attaquant uniquement aux bactéries, et spécifique de chaque bactérie

Bioréacteurs : Réacteurs d'origine biologique

Carte cytogénétique : Carte étudiant la structure des chromosomes et leurs anomalies

Céphalosporines : Antibiotiques de la classe des béta-lactamines

Chloroplaste : Organite des cellules végétales contenant des pigments récepteurs de l'énergie solaire, notamment de la chlorophylle, et siège de la photosynthèse

Clonale : Ensemble des cellules toutes issues d'une cellule mère

Crossing over : Enjambement

Dicotylédones : Qui possède deux cotylédons

Escherichia coli : Colibacille

Gène : Particule élémentaire d'ADN, support de l'hérédité. Les chromosomes sont constitués d'un ensemble de gènes. Chaque gène est porteur d'un caractère héréditaire.

Génie génétique : Science de l'hérédité

Génome : Ensemble de gènes d'une cellule

Hémoglobine : Protéine complexe constituant le pigment respiratoire des globules rouges

Hétéroencapsidé : Encapsidé partiellement ou totalement par des protéines de capside

Homogénique : Dont les gènes constitutifs sont de même nature

Lepidoptères : Ordre d'insectes couramment nommé papillons

Locis : : Sur les chromosomes, chaque gène occupe un lieu précis, dit locus (locis au pluriel)

Lignines : Substance organique complexe, constituant principal du bois qui imprègne les cellules, les fibres et les vaisseaux conducteurs, les rendant imperméables, inextensibles et rigides.

Méthode histochimique : Méthode utilisant les propriétés chimiques des cellules et des tissus

Mutagénèse : Production brusque dans tout ou partie des cellules d'un être vivant, d'un changement dans la structure de certains gènes, transmis aux générations suivantes si les gamètes sont affectés.

Nucléotide : Elément constitutif de base des acides nucléiques qui sont le support du message héréditaire

Phylogénèse : Histoire de la formation et de l'évolution d'une espèce, d'un phylum…

Plasmide : Fragment d'ADN de certaines bactéries ou champignons séparé et indépendant du fragment contenant le(s) chromosome(s)

Polyploïde : Contient plusieurs noyaux

Procaryote : Micro-organisme généralement unicellulaire dont la cellule, très petite, est dépourvue d'organites et de noyaux (par opposition aux eucaryotes)

Protoplastes : Cellule végétale ou fongique sans paroie

Pyrale : Papillon crépusculaire dont les chenilles sont nuisibles aux cultures.

Ribozymes : Fragment d'ARN doué de propriétés enzymatiques

Somatique : Qui concerne le corps

Tellurique : Qui concerne la terre

Transposon : Elément génétique formé d'ADN, pouvant se déplacer d'un chromosome à l'autre aussi appelé gène sauteur

Vecteur : Il s'agit le plus souvent d'agents pathogènes qui ont la propriété de transférer tout, ou une partie de leur information génétique dans le génome de la cellule hôte

Introduction

Introduction :

A l'heure actuelle, la population s'intéresse de plus en plus à sa santé. Ceci est en partie dû au fait qu'elle a plus de temps pour s'informer, et de manière plus juste mais elle devient aussi plus méfiante par rapport à ce qui lui est proposé. En effet, les dernières prouesses techniques visant à raffiner les aliments (colorants, ...) n'ont pas toujours été un succès en terme de santé.

Lorsque les premières plantes trangéniques ont été commercialisées, les consommateurs ont commencé à se poser des questions concernant la qualité de leur alimentation et à se demander si ces nouveaux aliments étaient bien « équivalents en substance » comme il leur avait été promis. Les droits des consommateurs sont de plus en plus importants, leurs exigences aussi. Ils ne veulent plus être les cobayes d'une alimentation expérimentale dont personne ne connaît les conséquences sur la santé.

Sous la pression des consommateurs, la polémique s'est rapidement ouverte à ce sujet et des recherches ont été engagées pour déterminer si ces nouveaux aliments entraînaient des risques pour la santé de l'homme, de l'animal ou bien encore pour l'équilibre des écosystèmes. De même, les chercheurs étudient les risques pour l'environnement de l'implantation de ces organismes génétiquement modifiés (OGM) végétaux.

Mais, les résultats des recherches étant longs à venir, la réglementation s'est faite en amont, utilisant le Principe de Précaution.. De même, la lutte citoyenne s'est engagée très tôt dans la chasse aux OGM dans l'alimentation.

La question posée aujourd'hui est : l'appréhension des risques potentiels est-elle suffisante ?

1. Qu'est ce que la transgénèse végétale ?

1. Qu'est ce que la transgénèse végétale?

1.1. Quelques définitions :

1.1.1. La biotechnologie :

En 1982, l'**OCDE** (Organisation de Coopération et de Développement Economique) définissait la biotechnologie comme « l'application des organismes, systèmes et procédés biologiques pour la production des biens et des services au bénéfice de l'homme » (Rouvillois et Le Fur, 1999).

Elle est le résultat d'une accumulation de progrès scientifiques majeurs :

- meilleure connaissance des mécanismes biologiques,
- meilleure compréhension de l'information génétique,
- décryptage du génome associé à l'informatisation,
- découverte de la structure chimique des gènes et des protéines codées,
- développement de méthodes et techniques permettant de manipuler les séquences codées.

Elle doit surtout son essor à une découverte fondamentale : **l'universalité du code génétique**. En démontrant que le codage de l'information génétique est commun à l'ensemble des espèces (animaux, végétaux, bactéries), les scientifiques ont ouvert la voie à des expériences jusqu'alors irréalisables : **le transfert, l'isolement et l'expression des gènes d'un individu d'une espèce dans le génome d'un individu d'une autre espèce** comme par exemple : transfert d'un gène de tabac à un chien, transfert d'un gène de lapin à un être humain... (Rouvillois et Le Fur , 1999).

En donnant un accès direct au génome des individus, la biotechnologie a permis de développer un nouvel outil permettant de réaliser une telle transformation : la **transgénèse**.

1.1.2. La transgénèse :

Combinée aux techniques classiques d'amélioration des animaux et des plantes, la transgénèse permet de produire des OGM (Organismes génétiquement modifiés).
Cette technique permet de modifier le génome d'organismes entiers (micro-organismes, végétaux et animaux) par transfert de gènes. Plus puissante, plus rapide, plus précise que les techniques de sélection classique, elle offre des possibilités nouvelles (figure 1):

- le passage de la barrière des espèces
- la rapidité et la précision
- l'irréversibilité car les transformations effectuées sont, pour le moment irréversibles.

La transgénèse est donc un procédé d'obtention d'un organisme nouveau qu'il soit animal, végétal, bactérien ou fongique.

L'application des principes de la transgénèse au règne végétal s'appelle la **transgénèse végétale**. Par exemple, l'introduction d'un gène d'origine animale, végétale, bactérien ou fongique dans un tabac appartient au domaine de la transgénèse végétale.

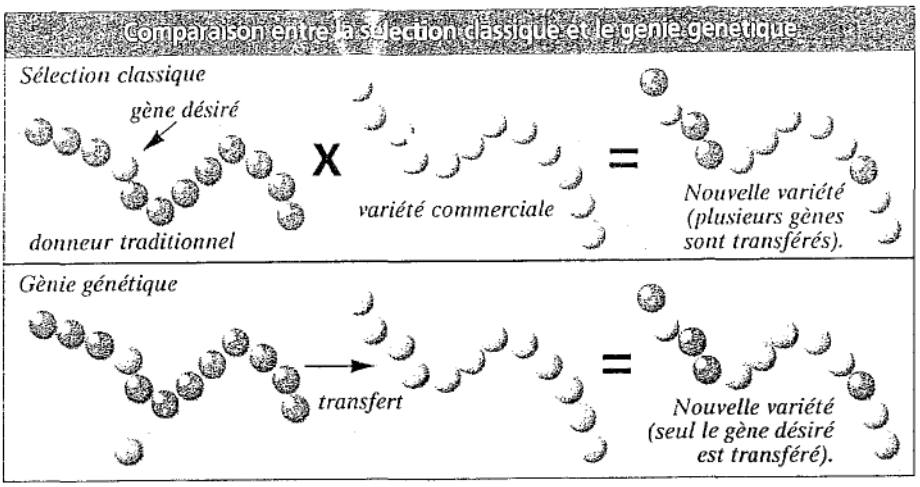


Figure 1 : « Comparaison entre la sélection classique et le génie génétique », (Rajnchapel-Messaï, 1997)

1.1.3. OGM (Organisme Génétiquement Modifié) :

La **directive 90/220/CEE du conseil des communautés Européennes** en date du 23 avril 1990 défini comme OGM : « **toute entité biologique capable de se reproduire ou de transférer du matériel génétique (...) modifié d'une manière qui ne s'effectue pas naturellement par multiplication et/ou par recombinaison naturelle** ».

Sont exclues de cette définition en ce qui concerne les plantes et leur méthode de fabrication, la mutagénèse, la fusion de protoplastes entre espèces de même famille et la multiplication *in vitro* à partir de n'importe qu'elle cellule de la plante (Scribain, 1999). Donc, en Europe, c'est le moyen d'obtention qui différencie une plante d'une autre. Aux Etats Unis, par contre, la différence se fait sur l'équivalence ou non de qualité entre deux plantes.

Cette définition exprime clairement quelles sont les interrogations des sociétés et des pouvoirs publics, en particulier, quels sont les risques écologiques associés à la dissémination volontaire d'OGM dans l'environnement.

1. 2. Transgénèse végétale et industriels :

1. 2. 1. Quelques chiffres :

L'industrie semencière regroupe en France, selon les chiffres de 1994-95, 104 établissements obtenteurs de semences et 286 entreprises de production. La multiplication des semences est confiée à 26740 agriculteurs multiplicateurs sur 306065 hectares (Confédération française des semenciers, 1996).

Le chiffre d'affaire de la filière semence évalué au stade de gros s'élève à 10.3 milliard de francs à l'exportation (Confédération française des semenciers, 1997 a).

Les industries française se placent au premier rang des industries françaises par leur chiffre d'affaire et au troisième rang par leur nombre de salariés (http://www.education.gouv.fr/recherche/ORGARECH/JINRA.HTM).

Les entreprises engagées dans l'industrie chimique ont investi massivement pour 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 près par **Dupont, Novartis, Agrevo, 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 le domaine 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 (Confédération française des semenciers, 1997).

D'ores et déjà, de grand industriels de l'agro-alimentaire en Europe ont fait le choix des biotechnologies.

En Europe et en France en particulier, les entreprises semencières, possédant 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.

1.2. 2. Les grands groupes industriels engagés :

Les biotechnologies intéressent donc de nombreux industriels de l'agro-alimentaire. Ceux-ci étant soit des multinationales, soit des entreprises plus modestes (Tableau 1).

Tableau 1 : Les grands groupes industriels engagés dans les biotechnologies (confédération française des semenciers, 1997) :

Groupe	pays	date d'engagement
Zeneca	Royaume uni	Début des années 70
DuPont	USA	1979
Monsanto	USA	1979
Rhône Poulenc	France	1979
DowElanco	USA	1978
Novartis	Suisse	1980 (Sandoz)
Cynamid	USA	1980
Bayer	RFA	1981
Agrevo	RFA	1981
Sanofi	France	1982

1.2.3. Plantes transgéniques autorisées et /ou commercialisées en 1997 :

Aujourd'hui, l'amélioration des caractères agronomiques est l'axe de développement le plus abouti des plantes génétiquement modifiées. Parmi les vingt trois plantes actuellement autorisées aux Etats Unis, dix neufs d'entre elles sont tolérantes à des herbicides ou résistantes à des insectes (Confédération française des semenciers, 1997) (tableau 2).

Tableau 2 : Type de plantes transgéniques autorisées et (ou) commercialisées en 1997 (Confédération Française des Semenciers, 1997)

Produits	Pays
Chicorée (stérilité mâle)	Europe
Colza (stérilité mâle)	Europe
Colza (tolérance au glufosinate)	Japon
Colza (tolérance au glyphosate)	Canada, Etas-Unis
Colza (tolérance au glufosinate, ou stérilité mâle	Canada, Etas-Unis
Colza (acide laurique élevé)	Canada
Colza (composition d'huile)	Etats-Unis
Coton (tolérance au bromoxynil)	Etats-Unis
Coton (résistance aux insectes)	Etats-Unis, Mexique, Australie, Japon
Courgette (Resistance aux virus)	Etats-Unis,
Maïs (tolérance aux insectes)	Etats-Unis Canada, Japon
Maïs (tolérence 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, Japon, Europe
Tabac (tolérance au bromoxynil)	Europe
Tomate (maturation retardée)	Etats-Unis, Grande Bretagne

1. 3. Les différentes sortes de plantes modifiées :

1.3.1 . Présentation générale :

A l'heure actuelle, la transgénèse se limite à un seul gène et seuls les gènes homogéniques peuvent être intégrés. Le gène concerné doit être transféré dans l'espèce à améliorer, ce qui suppose que les problèmes liés à sa transformation sont résolus. Il doit être fonctionnel et sa régulation doit être assurée.

Or, la technique de transgénèse est limitée par les connaissances actuelles. Par exemple, le caractère de résistance à la salinité est multigénique. Et à l'heure actuelle, il n'est pas encore possible de transférer par transgénèse plusieurs gènes en même temps dans un organisme receveur. Les scientifiques ne savent pas non plus isoler en même temps plusieurs gènes d'un même organisme donneur (Casse, 1999).

Ainsi, les seules transformations techniquement réalisables ne permettent le transfert que d'un seul gène à la fois.

1.3.2. les plantes en champs :

1.3.2.1. Gène de résistance à un herbicide :

Trois sociétés ont développé des plantes transgéniques de grande culture, tolérantes à leur herbicides respectifs en les transformant avec un gène dont l'expression empêche la matière active d'agir dans la plante (Moatti, 1997). C'est le cas pour le **glufosinate** d'AgrEvo, le **glyphosate** de Monsanto, commercialisés sous le nom de Roundup, et le **bromoxynil** de **Rhône Poulenc Agro.** La résistance à un herbicide est la caractéristique la plus couramment observée parmi les plantes commercialisées aujourd'hui.

1.3.2.2. Gène de résistance aux insectes :

Les plantes transgéniques produisent elles-mêmes des molécules insecticides leur permettant de se défendre en permanence contre les insectes ravageurs, tout en évitant l'épandage des phytosanitaires.
A ce jour, les plantes transgéniques résistantes aux insectes autorisées aux Etats Unis, expriment toutes un gène de la bactérie *Bacillus thuringiensis.* Il s'agit de **maïs résistant à la larve de la pyrale** (Monsanto, Mycogen, Novartis), de **pomme de terres résistantes à la larve du doryphore** (Monsanto) et de **cotons résistants au ver de la capsule** (calgène, Monsanto).

La bactérie tellurique *Bacillus thuringiensis*, recèle plusieurs protéines insecticides aux différents mode d'actions toxiques pour certains insectes seulement (Moatti, 1997).

1.3.2.3. Gène de résistance à certaines maladies ou virus :

A ce jour, seules des plantes transgéniques résistantes à des maladies virales ont été développées.

Il est très difficile d'éradiquer correctement une infection virale dans un champ cultivé. Alors, dès 1985, l'idée d'utiliser l'information génétique de l'agent pathogène comme source de résistance a été proposée. Depuis 1986, date de la première démonstration de l'efficacité de ce concept, l'utilisation de génomes viraux comme source de gènes de résistance a connu un succès grandissant.

Pratiquement tous les virus des plantes sont constitués simplement d'une coque (capside) formée de protéine et contenant du matériel génétique (ARN ou ADN). Les gènes de résistance les plus utilisés codent pour la protéine de la capside.

Malgré le fait que les mécanismes de résistance conférés par ces gènes ne sont encore que partiellement élucidés, un certain nombre d'espèces végétales (le tabac, la courge, le poivron...) sont d'ores et déjà cultivés a grande échelle à des fins commerciales comme en Chine et aux Etats Unis.

Pour l'instant, les processus **d'infection fongiques** et **bactériens** ne sont pas encore bien connus. Des études sont en cours pour l'application de la transgénèse dans ces domaines mais avec beaucoup de difficultés (Moatti, 1997).

Les progrès dans les techniques de transgénèse amènent à ouvrir la production vers d'autres secteurs, dans un avenir plus ou moins proche.

Cependant, l'augmentation du rendement ou de la productivité au moyen de la transgénèse végétale restent encore très complexes, car ces caractères sont contrôlés par plusieurs gènes. Or à l'heure actuelle, les chercheurs ne maîtrisent pas les transformations multigéniques.

1.3.3.Amélioration des caractères qualitatifs :

Les travaux sur l'amélioration de la qualité des productions végétales à des fins alimentaires sont plus récents, mais applicables à de nombreuses fonctions.
Les chercheurs tentent de modifier la composition d'une plante afin de lui conférer soit des avantages nutritionnels, soit de nouvelles caractéristiques adaptées à la transformation agro-alimentaire soit enfin adaptées aux modes de consommations.

1.3.3.1. Amélioration des qualités nutritionnelles :

Cet axe de recherche est très développé pour l'alimentation future des animaux. Les rations des animaux d'élevage sont couramment complétées en éléments nutritifs, notamment en méthionine et lysine, acides aminés produits en faible quantité par la majorité des plantes.
Dupont travaille actuellement à la mise au point d'un maïs transgénique enrichi en lysine et méthionine.

De même, cette société projette d'identifier le gène impliqué dans l'**enrichissement en huile** pour le maïs afin d'obtenir une variété de maïs transgénique ayant une plus forte teneur en huile. Ces applications concernent l'alimentation humaine (Moatti, 1997).

Un autre axe de recherche des firmes est l'obtention de plantes transgéniques dont les semences accumuleraient des enzymes augmentant la **digestibilité des aliments**.

Monsanto travaille aussi sur les propriétés **allergisantes** du riz et du soja afin de les diminuer.

1.3.3.2.Transformation alimentaire :

Les plantes transgéniques peuvent constituer des **bio-réacteurs pour la production en masse de protéines à faible valeur ajoutée**, impliquées dans les procédés agro-alimentaires. Par exemple, les orges transgéniques qui expriment une enzyme thermostable, une alpha-amylase ou une béta-glucanase (en développement actuellement), ont un intérêt dans la fabrication de la bière.

Des essais sont en cours actuellement afin de modifier les caractéristiques des végétaux pour « optimiser leurs utilisations ». Par exemple, Monsanto développe une **pomme de terre transgénique à haute teneur en amidon** et plus réduite en eau. Ce qui permet à l'industrie de produire plus de fécules de pomme de terre.

DuPont vient d'obtenir aux USA un colza transgénique capable de produire une huile enrichie en acide oléique destinée aux huiles de table et aux industries agro-alimentaires. Ceci permet de court-circuiter l'étape de stabilisation à la chaleur, qui est nécessaire pour qu'une huile d'un colza non transformé puisse être chauffée.

La transgénèse permettra donc d'avoir des végétaux plus adaptés aux procédés industriel et de produire de manière plus rentable des composés alors inédits chez les plantes.

1.3.3.3.Modes de consommation :

Les résultats les plus avancés concernent le stade de maturation des fruits. Les circuits de distribution des denrées fraîches sont de plus en plus étendus. Le consommateur mange des tomates pratiquement toute l'année. Or, la tomate ne pousse pas en permanence dans une région. Elle est tributaire des saisons. Pour palier à cela, il y a deux solutions :

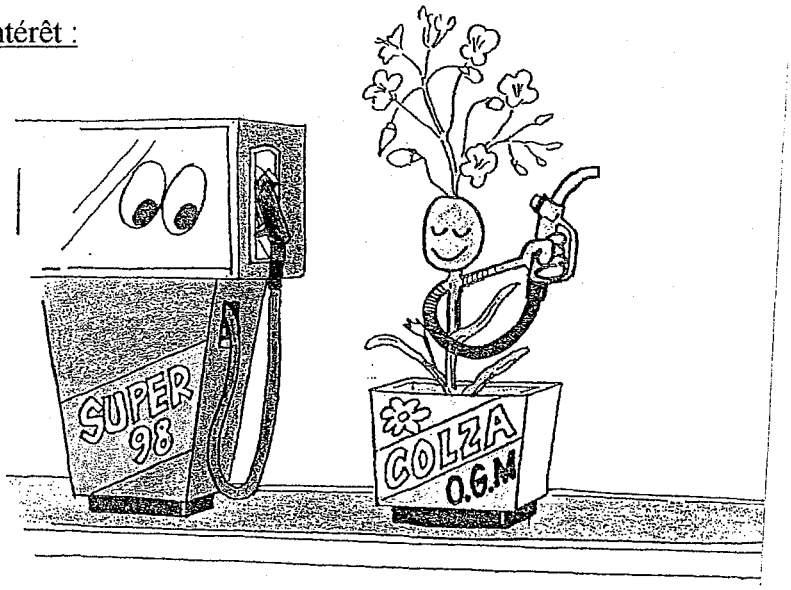
- Aller la chercher dans d'autres régions,
- Trouver un procédé qui ralentisse sa maturation.

Les tomates à maturation retardée sont déjà commercialisées aux USA depuis 1994. Elles ont été génétiquement modifiées pour exprimer en plus grande quantité une enzyme provoquant le ralentissement de la maturation du fruit (Moatti, 1997).
Les industriels allient alors la possibilité de récolter la tomate sur des zones plus grandes avec un temps de distribution plus large...
Ceci constitue une caractéristique d'amélioration de productivité.
Des travaux sont aussi en cours afin obtenir des plantes ayant des utilisations non alimentaires.

1. 3.4.Usage industriel :

1.3.4.1. Production de molécules d'intérêt :

Par exemple, les **lignines** sont peu valorisables dans l'industrie papetière. En effet, la qualité des pâtes à papier dépend en grande partie de l'élimination des lignines. Les enzymes impliquées dans la formation des lignines ont été identifiées et des peupliers transgéniques ont été obtenus chez lesquels l'activité de ces enzymes est fortement réduite (Moatti, 1997).



Confédération française des semenciers, 1996

Autre objet de convoitise à but industriel : **les plantes transgéniques oléagineuses**. Les industriels tentent de faire produire par le colza un lipide intéressant pour la lipochimie, les biocarburants, la cosmétologie ou encore l'industrie agroalimentaire.

Monsanto produit des **cotons colorés**. Ceux-ci sont transformés avec des gènes d'origine bactérienne ou végétale codant des pigments bleu, rouge ou noir.

1.3.4.2. Production d'enzymes industrielles :

Les enzymes industrielles peuvent être produites en masse à moindre coût par des bioréacteurs végétaux.

1. 3.5. Les alicaments :

Autre concept : la consommation directe des plantes transgéniques contenant des molécules d'intérêt thérapeutique. Cet axe de développement avance pour la production de **vaccin oraux**.

La production de protéines à usage thérapeutique par des plantes transgéniques pourrait constituer dans un avenir proche un secteur grandissant.
Les plantes transgéniques permettent de synthétiser des protéines complexes telles que les hémoglobines ou des anticorps. Celles-ci sont constituées de plusieurs sous unités protéiques, chacune d'elle étant codée par un gène spécifique.

Limagrain-Biocen a transformé des plants de tabac avec les gènes d'origine humaine de globine. Les hémoglobines recombinantes se sont révélées actives physiologiquement.

Il reste important de rappeler qu'à l'heure actuelle, seules des plantes transgéniques résistantes à un herbicide, un insecte ou un virus sont commercialisées. La technique de transgénèse impliquée dans la fabrication de plantes à caractère qualitatif « amélioré » est complexe car les caractères qualitatifs sont très impliqués dans le métabolisme général de la plante (http://ima.fr/internet/Direc, a). Les conséquences de transformation d'un gène sont donc plus grandes.

La transgénèse est donc actuellement un nouveau secteur en expansion.
Les industriels et les scientifiques n'ont pas toujours un avis accordé sur la question des risques associés à cette nouvelle technique.

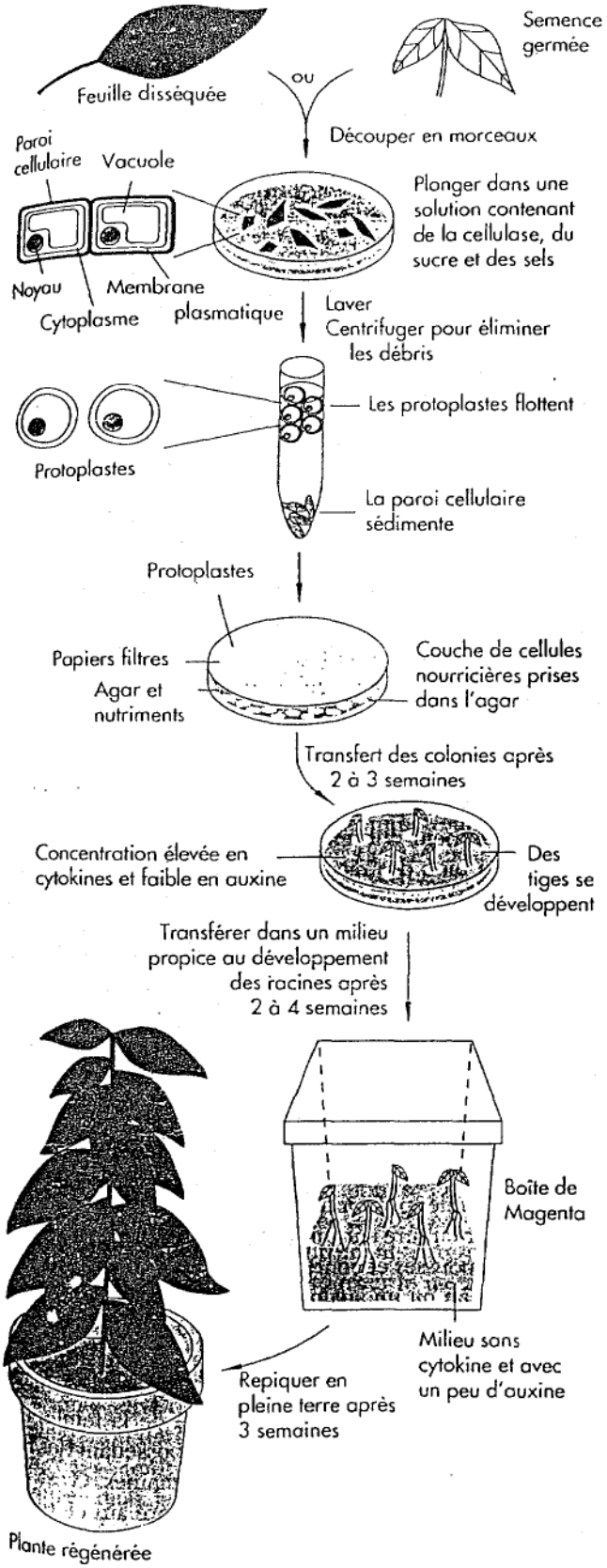
1. 4 . Méthodes d'obtention :

1.4.1.Généralités :

Pour introduire un gène d'intérêt par les méthodes conventionnelles il faut de nombreuses conditions :
- plantes sexuellement compatibles,
- croisement entre deux lignées, plusieurs fois jusqu'à l'obtention d'une plante possédant les caractéristiques désirées.

Ceci avec un handicap supplémentaire : un grand nombre de gènes sont échangés, autres que le gène d'intérêt. Ces techniques sont donc lentes, incertaines et limitatives (Watson et coll, 1994).

Le génie génétique a été mis en place afin de contourner ces limitations.



Il n'est plus alors question de la compatibilité sexuelle et le processus est en théorie plus rapide car les plantes transgéniques qui expriment le gène peuvent être sélectionnées directement (Watson et coll, 1994).

Une plante entière peut être obtenue à partir d'une seule cellule, mais cette technique est limitée par la variation clonale somatique, c'est à dire la variation des clones des cellules du soma .

Il n'est pas très facile d'introduire de l'ADN dans les cellules végétales car elles sont entourées d'une paroi cellulosique.
Alors, la paroi est enlevée en traitant la cellule avec des enzymes (des cellulases de champignon) comme le montre la figure 2.
Il reste alors un **protoplaste** (ce sont des cellules de tissus différentiés), qui n'est plus entouré que d'une membrane plasmique, ce qui le rend beaucoup plus accessible aux manipulations expérimentales.

Les protoplastes peuvent incorporer des macromolécules comme l'ADN et il est possible de régénérer des plantes entières.
Les plantes les plus facilement accessibles à la manipulation génétique sont celles qui peuvent être auto-fécondées (Watson et coll, 1994).

Aujourd'hui de nombreuses techniques sont validées, suivant toutes le même schéma de base :

Figure 2 : obtention d'une plante transgénique, (Watson et coll, 1994).

1. 4.2. Technique de base : (figure 3) :

- Un gène d'intérêt aux propriétés intéressantes, nommé **gène A** pour plus de commodité est identifié,
- Ce gène sera prélevé, c'est la phase **d'isolement,**
- Puis les séquences **promoteur** permettant l'expression du gène dans l'organisme receveur ou la transformation des séquences existantes seront ajoutées.

Le code génétique est universel, mais les séquences d'ADN placées en amont du gène permettant son expression **(promoteur)** sont différentes d'une espèce à l'autre.
Il est donc indispensable de munir le gène des séquences spécifiques de l'organisme receveur.

- Ce gène A et un gène dit **marqueur** sont insérés dans un **vecteur** (molécule d'ADN nécessaire au transfert, intermédiaire entre le génome de départ et le génome d'arrivée).

Le gène marqueur servira à suivre le vecteur au cours des différentes étapes. Ce peut être un **gène de résistance à un antibiotique**, à un herbicide... Son intérêt est purement technique. Il n'aura aucune utilité ultérieure dans l'organisme modifié (Rouvillois et Le Fur, 1999).

Si un gène marqueur de résistance aux antibiotiques a été utilisé, par exemple, il suffira d'ajouter de l'antibiotique dans le milieu où se trouvent les cellules supposées avoir intégré les constructions. Seules celles qui auront intégré le gène A et le gène marqueur de résistance à l'antibiotique survivront.
La construction sera enfin copiée (**vecteur +gène A+ gène marqueur**) afin d'en obtenir plusieurs exemplaires à l'identique (Rouvillois et Le Fur, 1999), voir annexes 4.

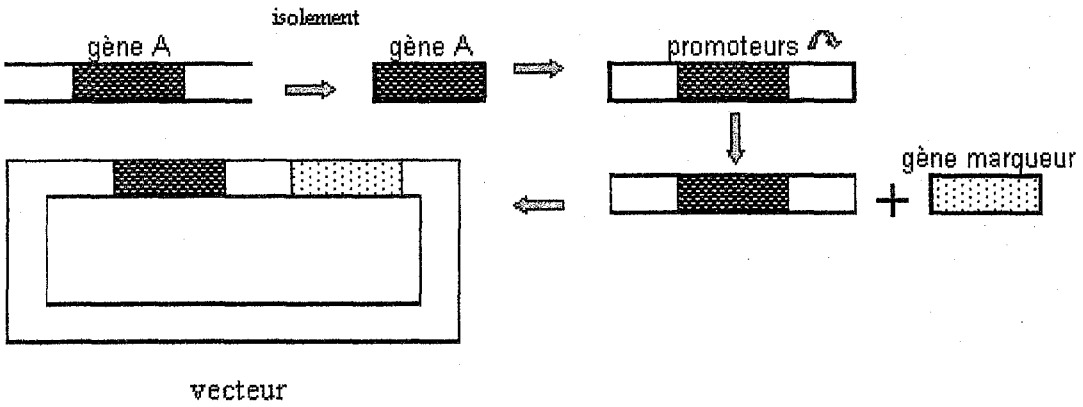


Figure 3 : Technique de base :

1. 4. 3. Choix du vecteur :

Le vecteur intermédiaire peut être d'origine bactérien ou viral.... Il doit répondre le mieux possible aux exigences ci-dessous :

- réplication active dans la cellule hôte, si possible indépendamment de l'ADN de cette cellule hôte,

- petite taille pour pouvoir insérer une quantité importante d'ADN et obtenir de nombreuses copies par la cellule,
- un grand nombre de sites uniques de coupures par des enzymes de restriction pour faciliter le clonage,
- présence de gènes de sélection,
- maintien dans la cellule hôte sans modification,
- pas de perturbation de la cellule hôte (Larpent-Gouraud et Sanglier, 1992).

A l'heure actuelle, les vecteurs les plus utilisés sont bactériens. Parmi ces vecteurs bactériens, les techniciens utilisent surtout les Agrobacters et les bactéries *Escherichi coli (E. coli).*

Les virus sont des vecteurs tout à fait intéressants pour introduire des gènes étrangers dans des
plantes :
- **premièrement** leur génome double brin est relativement petit et peut être manipulé facilement *in vitro,*
- **deuxièmement** son ADN cloné est infectieux quand il est appliqué par frottements sur des feuilles saines,
- **troisièmement** ce virus se répand ensuite à travers la plante et se retrouve dans la plupart des cellules sous forme d'un grand nombre de copies, et donc s'il contient un gène étranger, il sera propagé de façon systémique dans la plante,
- **quatrièmement**, le virus peut résoudre le problème de l'introduction du gène étranger dans les plantes monocotylédones comme le maïs.

Les vecteurs viraux les plus utilisés sont de type *geminivirus.*

1.4.4. Méthodes biologiques :

1. 4.4. 1. La méthode des « disques de feuilles » figure 4 :

L'une des découvertes majeures de ces vingt dernières années, en biologie végétale est la faculté qu'ont certaines bactéries, les Agrobacters de transférer les molécules d'ADN dans les chromosomes de certaines cellules des plantes (Scribain, 1999).
Elle a constitué un progrès significatif car elle peut être utilisée pour introduire des gènes dans les plantes par le système le plus efficace dont les chercheurs disposent actuellement, utilisant le plasmide *Ti* présent dans la bactérie *Agrobacterium tumefaciens* .

Les plasmides *Ti* sont donc utilisés comme véhicule de transfert d'un ADN exogène vers le génome de la cellule hôte par insertion de cet ADN en des sites spécifiques de leurs génomes.

En premier lieu, les cellules végétales sont découpées en petits disques pour pouvoir y introduire le plasmide *Ti.* Les feuilles sont utilisées comme cibles car elles sont une bonne source de matériel pour la régénération, étant génétiquement uniformes.

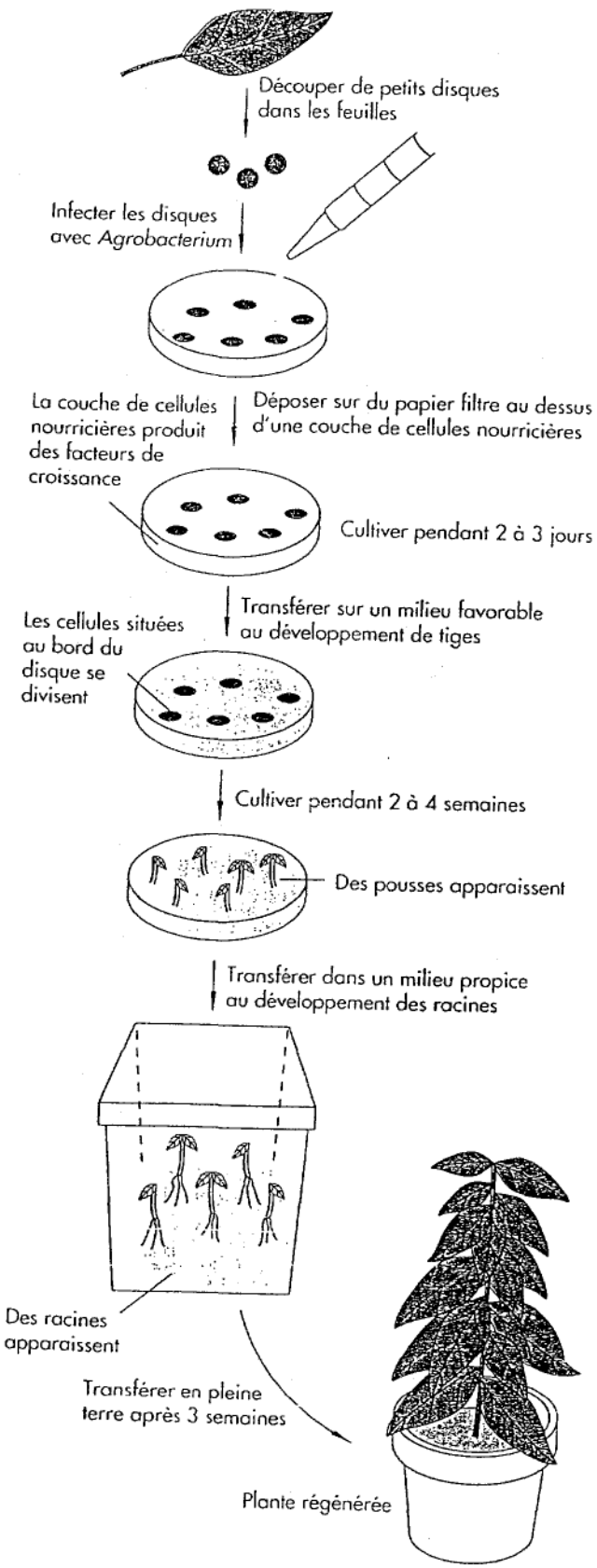


Figure 4 : Technique des disques (Watson et coll, 1994)

Il faut rappeler que le plasmide est le vecteur utilisé pour introduire le gène d'intérêt (Watson et coll, 1994).

L'intérêt de la manipulation est d'obtenir des cellules contenant la bactérie et son plasmide *Ti* modifié.
Ces disques sont mis brièvement en culture dans un milieu contenant la bactérie *Agrobacterium tumefaciens ;* les cellules sont en contact efficace avec l'agent transfectant qui va infecter les cellules (Watson et coll, 1994).

Puis, les disques sont transférés sur des boites contenant des cellules nourricières dans un milieu stimulant le développement des pousses.

A l'origine, l'agent est pathogène. C'est cette propriété qui va être détournée à bon escient afin de fabriquer un plasmide contenant le gène d'intérêt et dénué d'effets négatifs sur la construction.

La pathogénicité du plasmide *Ti* est due au fait que celui-ci est responsable de la prolifération incontrôlée des cellules qui le contiennent.

Les plasmides contenus dans les Agrobacters provoquent des tumeurs de type **galle du collet** chez les plantes Lorsqu'une plante blessée est infectée par *Agrobacterium,* les cellules bactériennes n'entrent pas dans la cellule végétales mais transfèrent un segment d'ADN appelé **ADN-T** (Acide désoxyribonucléique T) du plasmide circulaire extra-chromosomique inducteur de tumeur (*Ti*). L'ADN-T s'intègre de façon stable dans l'ADN chromosomique de la cellule de plante. Les gènes contenus dans l'ADN-T des plasmides *Ti* naturels sont exprimés et leurs produits stimulent les cellules qqui se divisent de manière incontrôlée. La structure formée par les cellules en division rapide est appelée une tumeur de **galle du collet** (figure 5).

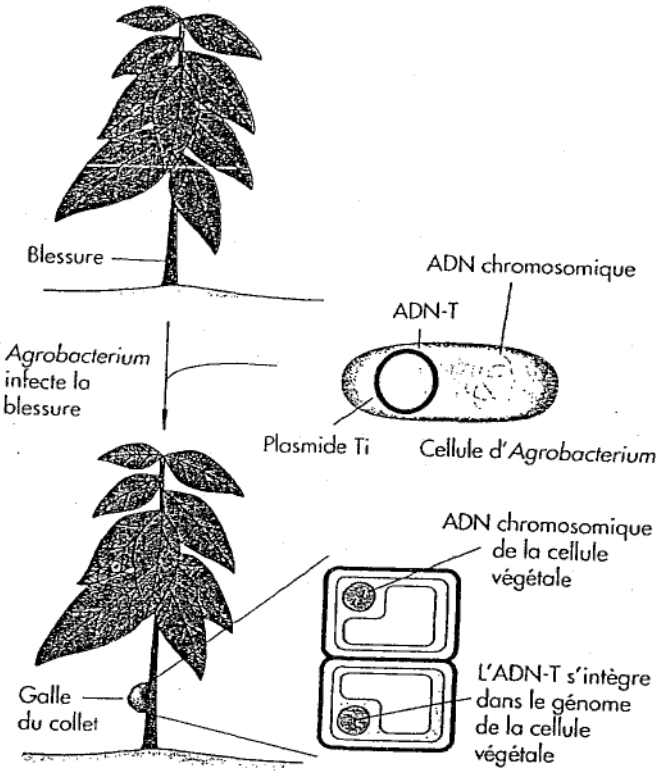


Figure 5 : Tumeur de la galle du collet (Watson et coll, 1994)

La première étape de la construction va être de modifier le plasmide *Ti* (figure 6). Pour cela, les gènes induisant la tumeur sont éliminés et remplacés par le **gène d'intérêt** et un premier **gène marqueur** induisant la résistance à un antibiotique.
Ces gènes de résistance aux antibiotiques sont d'origine procaryotique. Les deux critères qui ont présidé leur choix, sont leur incidence élevée dans la nature et le fait qu'ils confèrent une résistance à des antibiotiques qui ne sont plus utilisés en clinique humaine (Watson et coll., 1994).

L'ADN-T est d'abord cloné dans le site de clonage d'un plasmide, appelé **vecteur navette intermédiaire** pouvant se répliquer dans *Escherichia coli* et les transformants sont sélectionnés par la résistance à l'ampicilline, un antibiotique de la classe des béta-lactamines, qui est codée par les séquences provenant du plasmide pBR322.

Les bactéries *E. coli* ayant intégré le plasmide *Ti* de façon stable ont donc intégré le gène d'intérêt ainsi que le gène de résistance à l'antibiotique. Seules ces bactéries pourront survivre dans un milieu de sélection contenant l'antibiotique en question, ici, l'ampicilline. Les autres seront tuées.

Le plasmide *d'E. coli* est appelé **vecteur d'intégration** car il devient une partie intégrante du plasmide *Ti*.

Cette construction intermédiaire (*E. coli* contenant le plasmide *Ti* modifié) est introduite par conjugaison dans des cellules d'*Agrobacterium* contenant des plasmides *Ti* intacts.

Une fois à l'intérieur d'*Agrobacterium*, le vecteur navette intermédiaire s'intègre dans le plasmide *Ti* par recombinaison homologue entre les séquences d'ADN-T présentes sur les deux plasmides.

Ce procédé place le plasmide intégratif tout entier (le plasmide intégré dans le plasmide *Ti*) entre les bords droit et gauche de l'ADN-T.

Les Agrobacters qui contiennent le plasmide *Ti* recombinants sont sélectionnés par leur résistance à un deuxième antibiotique et utilisés pour infecter les cellules végétales.
En effet, afin de pouvoir sélectionner les bactéries *Agrobacterium tumefaciens* ayant intégré le plasmide modifié, un deuxième gène marqueur de sélection a été introduit sur l'ADN-T du plasmide modifié.
Les cellules de plantes qui ont incorporé le plasmide intégratif sont identifiées par le marqueur sélectionnable NPTII, conférant la résistance à la kanamycine,
Ces cellules contiennent alors de manière certaine le gène d'intérêt.

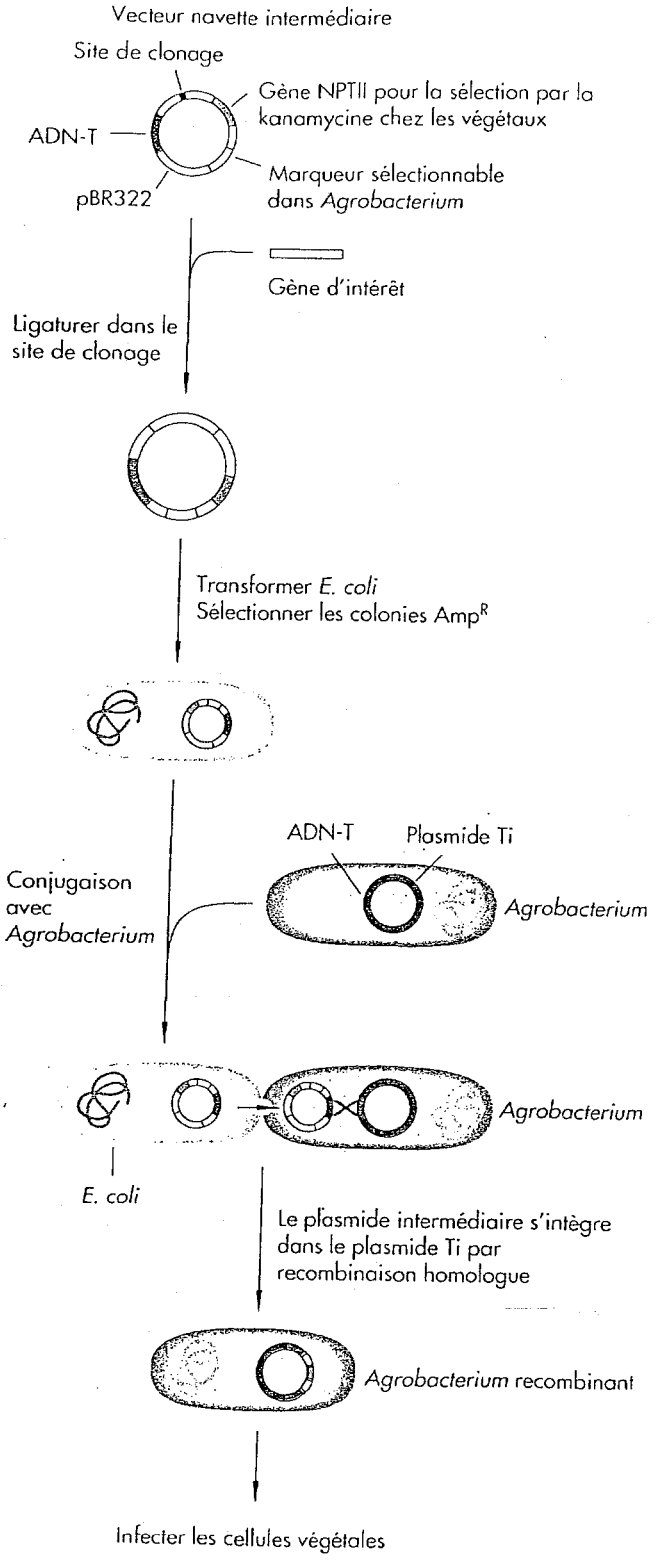


Figure 6 : Transfert de gènes par co-intégration :

Alors, les cellules infectées sont cultivées sur un milieu de culture favorisant les pousses et contenant la kanamycine.
Seules survivront les cellules ayant intégrées le plasmide *Ti* modifié, car elles contiennent aussi le gène de résistance à et antibiotique.

Après quelques semaines, les pousses développées sont transférées dans un milieu induisant la formation de racines.

Le protocole nécessite entre quatre et sept semaines.

C'est un processus particulièrement rapide comparé aux cultures de protoplastes. De plus, la technique peut s'appliquer à une grande variété de dicotylédones et est utilisée aujourd'hui de façon systématique.
Mais pour être efficace, il faut que la plante soit sensible à l'infection par la bactérie *Agrobacterium*. Or, la sensibilité varie d'une espèce à l'autre (Larpent-Gouraud et Sanglier, 1992).

1. 4.4.2. Infection d'une plante par des virus (figure 7) :

La transformation par les bactéries du genre Agrobater requiert la culture *in vitro* et la régénération de plantes entières à partir des cellules somatiques qui ont reçu l'ADN-T .
Pour lever ces difficultés rencontrées chez certaines espèces considérées comme récalcitrantes, des méthodes ne faisant pas intervenir la culture *in vitro* ont été cherchées (Larpent-Gouraud et Sanglier, 1992).

Ces méthodes utilisent toujours *Agrobacterium* comme technique de base.
Le vecteur utilisé n'est plus *E. coli*, mais un virus, de type *geminivirus*.
Les virus utilisés sont des virus à ADN dont le génome est composé de deux molécules d'ADN monocaténaire

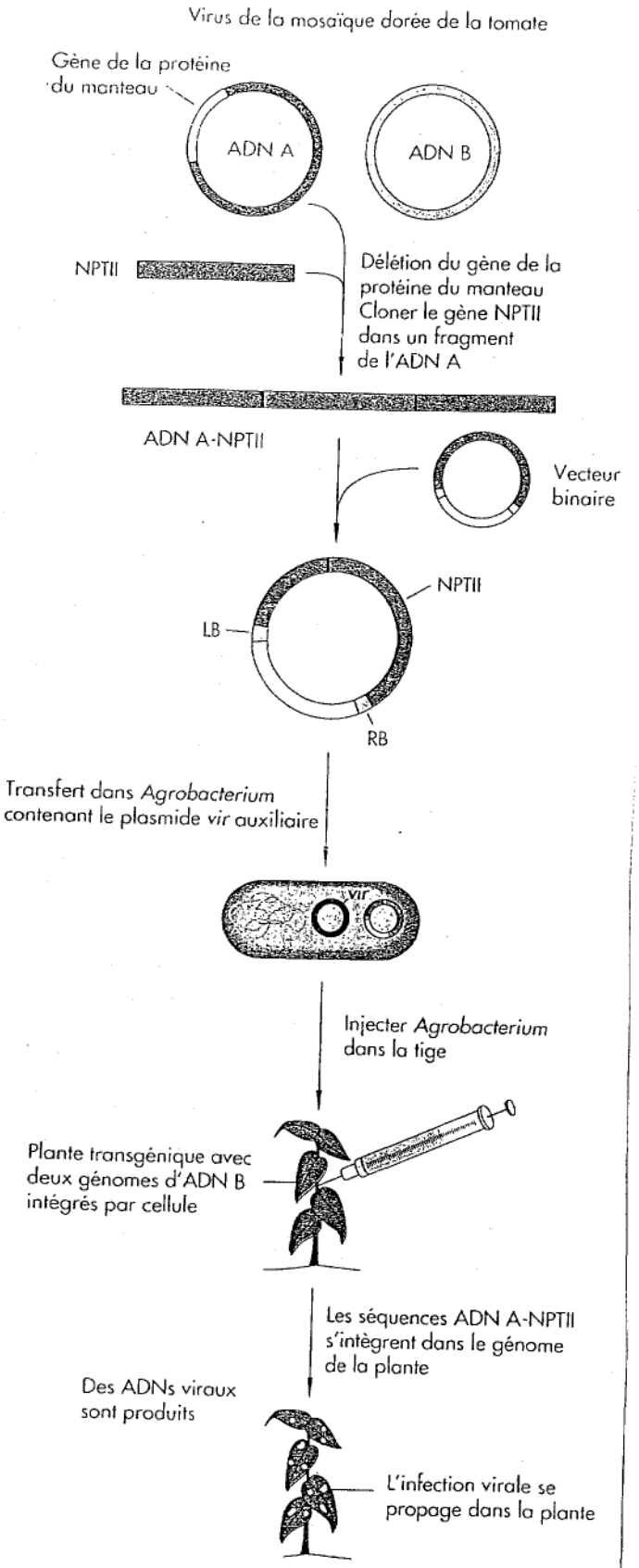


Figure 7 : Transfert à l'aide d'un virus (watson et coll, 1994):

encapsidées ensemble dans un manteau protéique. Une telle méthode peut donc simplifier considérablement l'introduction d'un gène dans un organisme car elle élimine la nécessité de régénérer des plantes à partir d'une cellule transformée.

L'ADN A code pour la protéine du manteau et pour les fonctions de réplication.
L'ADN B est nécessaire pour l'infection de cellule à cellule.

En ce qui concerne le processus de réplication, seule la molécule A peut se répliquer dans les cellules végétales.
Mais les ADN A et B doivent être présents simultanément pour que l'infection soit productive.
Ces molécules A et B ont été modifiées en **vecteur d'expression de plantes** qui transfèrent le gène d'intérêt cloné dans toutes les cellules par infection.

Comme la forme réplicative double brin est infectieuse, même sans les protéines de l'enveloppe, il est possible d'enlever une grande partie de la région codant pour ces protéines dans la composante A et de faire place pour un transgène.

Par exemple, une version recombinante de l'ADN A du virus de la mosaïque de la tomate (TGMV pour Tomato Golden Mosaic Virus) comprend un gène marqueur de résistance à la kanamycine (gène NPTII) et un antibiotique à la place de la protéine virale de l 'enveloppe (ADN A-NEO).

Ce fragment est inséré entre les régions frontières de l'ADN-T cloné dans un plasmide et introduit dans un système binaire *d'Agrobacterium* .

Puis les bactéries ayant incorporé l'ADN A transformé, sont sélectionnées dans un milieu contenant de la kanamycine.

Seules survivent celles qui sont transformées, car elles sont résistantes à cet antibiotique.
Ensuite, ces bactéries *Agrobacterium tumefaciens* sont injectées directement dans des tiges de plantes de tabac transgéniques. Ce tabac contient déjà la molécule d'ADN B. Puis le virus se recombine (molécule A et B) et se propage dans la plante. Les molécules d'ADN B simple brin et d'ADN A-NPTII recombinants sont détectées dans les feuilles de plantes infectées.

Un progrès a été apporté avec le développement d'un autre vecteur binaire, contenant à la fois les séquences d'ADN A et d'ADN B.
Avec ce vecteur, les plantes ne doivent pas être transformées auparavant par l'ADN B, ainsi n'importe qu'elle plante sensible au transfert par *Agrobacterium* peut être infectée (Watson et coll, 1994).

Si la démonstration de l'aptitude d'*Agrobacterium* à transférer un fragment de son ADN à une plante a constitué une étape majeure dans le développement des biotechnologies végétales, il s'est rapidement avéré que cette méthode de transfert de gènes n'était pas universelle. Des stratégies alternatives au transfert direct ont été développées dès 1985.
Ces techniques consistent à forcer l'entrée massive d'ADN dans la cellule végétale. Suite à cet événement, certaines cellules intègrent dans leur génome des fragments de cet ADN étranger.

Les méthodes décrites ici, à savoir la transformation de protoplastes et la biolistique sont celles qui ont donné des résultats fiables et reproductibles.

1.4.5. Méthodes mécaniques :

1.4.5.1. Choc éléctrique :

Une manière d'éviter les restrictions dues à l'utilisation d'*Agrobacterium* (petit nombre d'espèces pouvant être infectées) surtout les dicotylédones et donc d'étendre le champ d'action aux monocotylédones, consiste à introduire directement l'ADN dans les cellules végétales en utilisant des méthodes physiques plutôt que biologiques. L'électroporation est utilisée avec succès (Watson et coll, 1994).

Classiquement une solution concentrée d'ADN plasmidique contenant le gène d'intérêt est ajoutée à une solution de protoplastes. Puis l'ensemble est soumis à un choc électrique, c'est à dire une brève exposition à un champ électrique de 200 à 600 V/cm. (volt/centimètre).
Les membranes plasmiques sont déstabilisées et la polarisation des phospholipides qui s'ensuit provoque la formation de pores au travers desquels les molécules d'ADN peuvent transiter.
Les protoplastes sont ensuite mis en culture et sélectionnés grâce au gène de résistance porté par le plasmide transféré (Schillito et coll, 1985).

Avec le gène d'intérêt, il reste donc nécessaire d'introduire un gène marqueur, afin de pouvoir sélectionner les protoplastes qui auront incorporés l'ADN modifié.

Cependant, l'électroporation pose le problème de l'utilisation de protoplastes, avec la difficultés que représente la régénération de la plante complète à partir du protoplaste, ainsi que les variations somaclonales inhérentes à des périodes de culture prolongées ;

D'où le développement de la méthode par canon.

1.4.5.2. La biolistique (figure 8) :

L'ADN contenant le gène d'intérêt est injecté directement dans les cellules végétales entières possédant une paroi pecto-cellulosique intacte.
Ceci a pu être réalisé, mais avec un taux de réussite assez limité.
Ce sont de minuscules billes de métal, enrobées d'ADN, avec lesquelles les cellules sont littéralement bombardées (Watson et coll, 1994).

Ces billes de tungstène font un micron de diamètre.
L'ADN est précipité chimiquement à la surface des billes qui sont ensuite tirées par un canon miniature avec une vitesse d'environ 430 mètres par secondes.

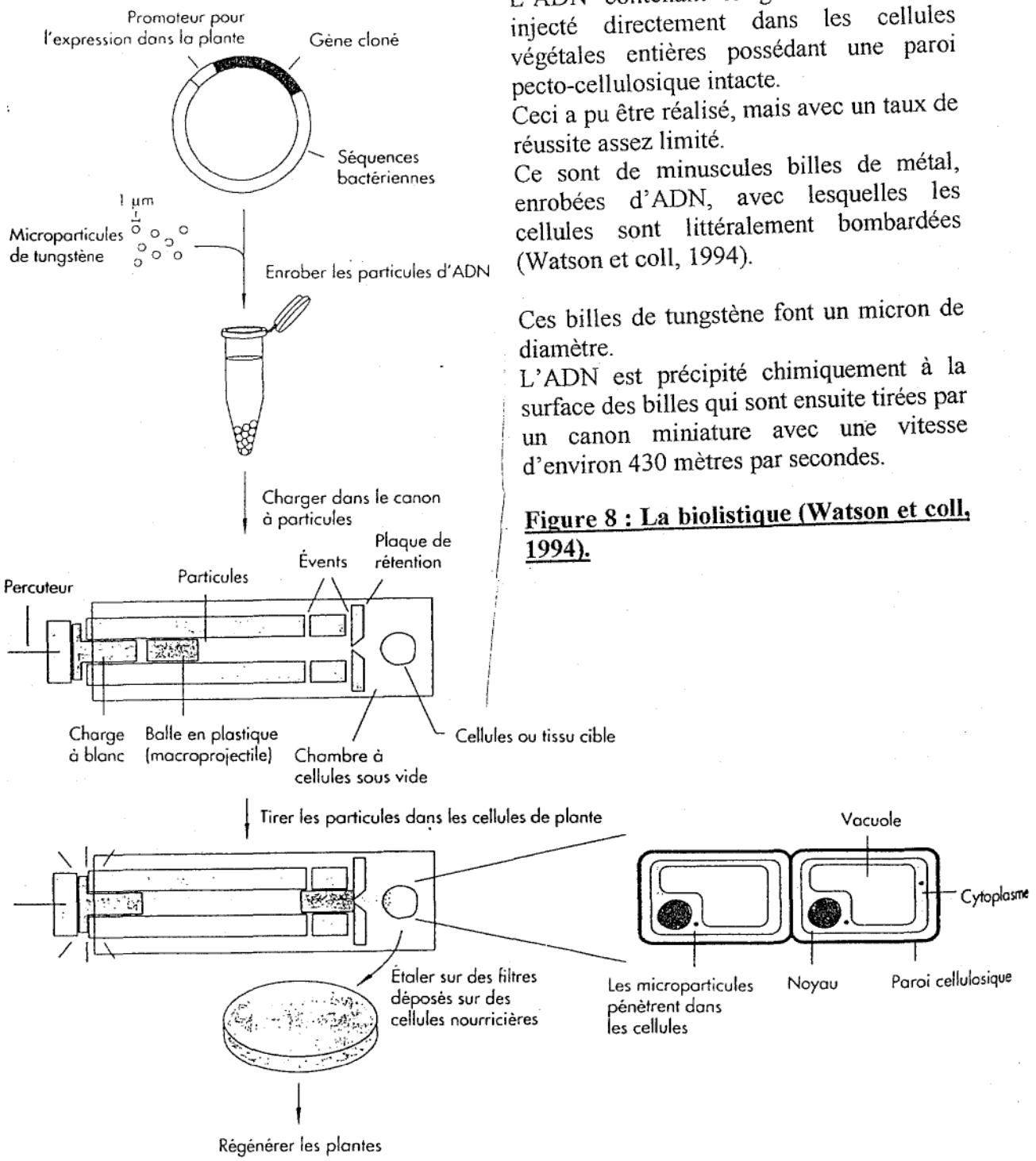


Figure 8 : La biolistique (Watson et coll, 1994).

Les billes sont placées à l'extrémité d'une balle de plastique (le « macroprojectile ») dans le fût d'un canon à particules construit spécialement pour ce type d'expérience.

Les cibles sont des cultures en suspension de cellules embryonnaires qui sont étalées sur des filtres mais aussi des feuilles intactes et des grains de maïs.
Les cellules touchées directement par les projectiles sont tuées, mais la zone autour du point d'impact contient des cellules dans lesquelles les projectiles pénètrent sans les tuer.

Le macroprojectile est propulsé vers les cellules par une charge explosive et quand il percute la plaque de rétention, les particules qu'il porte traversent l'ouverture et atteignent les cellules. Le fût du canon et la chambre contenant le spécimen doivent être sous vide, sinon la résistance de l'air ralentit la rapidité des microprojectiles (Watson et coll, 1994).

Les cellules des plantes peuvent supporter le vide pendant environ deux minutes. Après le bombardement, les cellules sont transférées dans une boite de culture de cellules nourricières et les plantes sont régénérées. Les microparticules sont logées à l'intérieur du cytoplasme.De nouveaux canons à particules utilisent de l'hélium sous pression pour propulser le macroprojectile.

Ce type de bombardement a été utilisé avec succès pour transformer des cellules embryonnaires de maïs avec des gènes rapporteurs et, ce qui est encore plus intéressant, avec le gène **bar** qui code pour une enzyme, la phosphinotricine acétyltransférase (PAT). Cette enzyme inactive la phosphinotricine (PPT), un composant des herbicides, et protège donc la plante. Les billes enrobées du gène sont tirées dans des cellules embryonnaires et les cellules transformées sont sélectionnées en les cultivant dans un milieu dans un milieu contenant de la PTT.

Les plantes entières régénérées à partir de ces cellules résistent à un herbicide commercial appliqué directement sur les feuilles. Les bombardements de cellules sont donc un outil au potentiel énorme pour appliquer les techniques de l'ADN recombinant au maïs par exemple.

Beaucoup d'autre voies sont explorées : imbibition d'embryons, micro-injection, sonication de tissus...mais les résultats sont encore peu probants (Scriban, 1999).

1.4.6. Méthodes en cours d'étude :

1.4.6. 1. Méthode utilisant des chloroplastes (figure 9) :

Des travaux ont été réalisés par l'équipe de Daniell qui ont intégré le transgène 5-enol-pyruvylshikimate-3-phosphatesynthase (EPSP) dans le génome du chloroplaste d'un tabac, ceci afin de prévenir la fuite de gènes. Les transgènes ne sont alors pas transmis par le pollen en théorie car les chloroplastes ont leur propre information génétique qui n'est pas reliée au génome et donc pas transmise à la descendance (Scott et Wilkinson , 1999).

Ceux-ci sont partis d'une hypothèse selon laquelle les chloroplastes sont toujours hérités maternellement chez la plupart des plantes (Scott et Wilkinson, 1999). Ils ont pensé qu'ils pourraient exploiter cela dans le but d'améliorer les techniques de transgénèse et d'éviter la fuite de gènes.

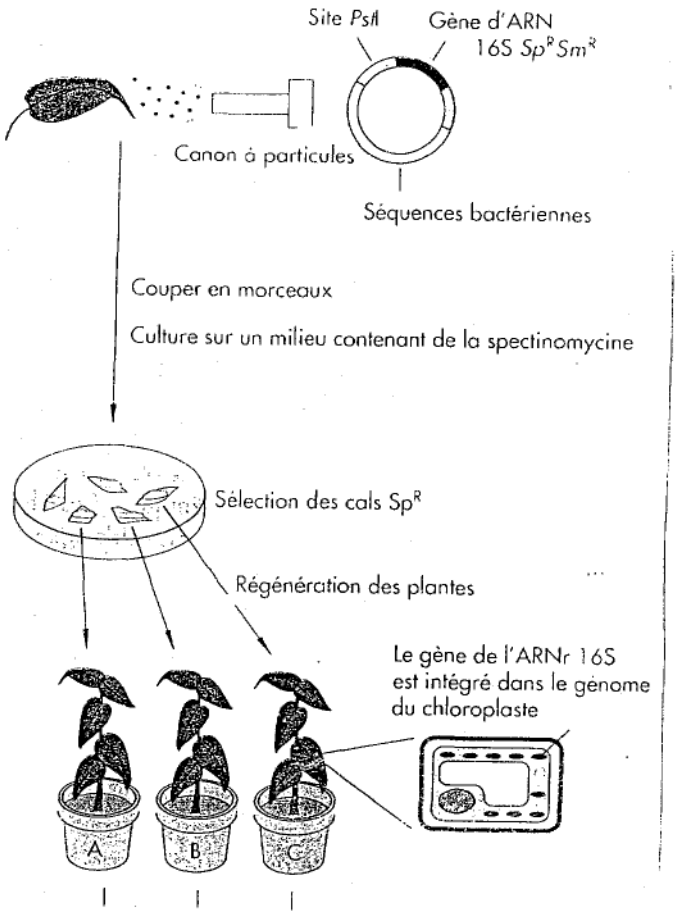


Figure 9 : La technique des chloroplastes (Watson et coll, 1994) :

Cette transformation a été atteinte la première fois en utilisant des microprojectiles chez *Chlamydomonas*, une algue unicellulaire possédant un seul grand chloroplaste occupant une partie importante du volume de la cellule.

La transformation des chloroplastes de plantes est beaucoup plus compliquée, en particulier parce que les cellules de plantes contiennent de nombreux chloroplastes de petite taille.

Néanmoins, des chloroplastes de tabac ont pu être transformés avec un gène codant pour l'ARN 16S (Acide ribonucléique), le plasmide responsable de la photosynthèse, comportant des mutations conférant la résistance à la streptomycine et à la spectinomycine, deux antibiotiques.

Les feuilles ont été bombardées, coupées en petits morceaux, puis mises en culture.

Sur le milieu de sélection, les plantes ayant intégré le gène d'intérêt et donc par la même occasion, les gènes marqueurs, sont vertes, alors que celles qui sont sensibles, et qui n'ont pas intégré le gène d'intérêt sont blanches. Les cals verts ont été sélectionnés puis régénérés en plantes.

Les chercheurs estiment que la transformation des chloroplastes est environ 100 fois moins efficace que celle des génomes nucléaires. Néanmoins, les expériences de croisement ont montré que les graines de plantes régénérées autofécondées étaient toutes résistantes à la spectinomycine. Le principe de fonctionnement de cette méthode reste encore mystérieux, car les chloroplastes sont de tous petits organites en forme de disque et les billes de tungstène sont probablement trop grosse pour s'y loger (Watson et coll.). La méthode reste donc aujourd'hui très empirique et peu rentable.

La question qui se pose alors est la possibilité de fuite du gène depuis le chloroplaste vers la nature.

L'abondance des populations hybrides dépend de l'incidence d'une symétrie entre la plante sauvage et la plante transgénique (cf plus loin) (Scott et Wilkinson , 1999).

Il y a une diminution du niveau d'hybridation sous les conditions naturelles dans ces populations symétriques, ceci suggère qu'il n'y a pas ou peu de mouvement de pollen transgénique. Donc, la méthode des chloroplastes permettrait de limiter le flux de gènes.

La conclusion de cette étude est que la principale voie par laquelle de tels transgènes peuvent bouger dans les populations sauvages se fait à travers la lignée de femelles germées, facilité par la dispersion des graines. Donc, la possibilité de cacher le gène d'intérêt dans un chloroplaste est intéressante. Mais cela ne pourra pas marcher pour tous les types de gènes et cette méthode ne convient pas dans certaines espèces où les chloroplastes sont transférés de génération en génération par pollen (http://www.royal.Soc).

1.4.6.2. Système TATA-box :

De nouvelles plantes sont fabriquées avec le gène d'intérêt et un promoteur qui contient un système **TATA-box** et une cible pour des sites de facteur de transcription non présents dans la plante. De ce fait, le gène d'intérêt ne peut pas fuir dans les plantes sauvages.

Pour pouvoir exprimer ce transgène, cette plante est mise en contact avec un « **activateur de plante** » qui exprime un nouveau facteur de transcription. Celui-ci reconnaît les sites cibles du facteur de transcription. Le gène d'intérêt est exprimé seulement dans les cellules où le facteur de transcription est présent. Et si la plante transgénique se croise avec une plante sauvage, elle peut lui donner le gène d'intérêt, mais il ne s'exprimera pas.

Il est nécessaire que la plante passe dans la solution d'activation pour que le gène soit révélé. Ceci constitue alors une sécurité afin d'éviter la fuite de gènes vers les plantes sauvages.

1.4.6.3. Gène de stérilité mâle :

Un autre moyen employé est de combiner le gène d'intérêt inséré avec un **gène de stérilité mâle** (Magier et coll, 1999). S'il y a hybridation, l'hybride sera stérile.
Le premier brevet traitant de stérilité mâle artificielle a été attribué aux USA (United States of Amerique) à la société Paladin Hybrids le 3 février 1998 (Hutter et Manceau, 1999).
Il consiste en l'expression dans le tapis de l'anthère de la fleur d'une protéine cytotoxique, une ribonucléase, qui détruit le tissu nourricier du pollen.
Celui-ci est couplé à un gène de résistance à un herbicide pour sélectionner les plantes mâles stériles. Alors, les plantes ne peuvent plus polliniser et deviennent donc stériles.

D'un côté, ce gène a un intérêt en terme de risques car il permet d'éviter la diffusion dans la nature du gène d'intérêt, la plante ne pouvant pas se reproduire.

Mais, d'un autre côté, les agriculteurs et les consommateurs voient d'un mauvais œil cette prouesse technique : en effet, si la plante ne peut pas se reproduire, l'agriculteur sera obligé de racheter chaque année ses graines à l'industrie agro-alimentaire. Il ne pourra plus garder une

partie de sa récolte afin de s'en servir l'année d'après pour sa nouvelle moisson. Il devient alors complètement dépendant de l'industriel.

1.4.6. 4. Méthode utilisant le gène GUS :

L'équipe de Morten Joersbo, de la société Danisco Biotechnology a Copenhague au Danemark a proposé d'utiliser le gène de la béta-glucuronidase **(GUS)** comme gène marqueur de sélection. Ce gène remplacerait le gène de résistance aux antibiotiques qui pose des problèmes de résistance (Perrier, 1999).
Ce gène GUS provient de la bactérie *Escherichia coli.* Ce sont les substrats, les glucuronides qui permettent la sélection. Dans un milieu de sélection, la mise en évidence des plantes ayant intégré le gène d'intérêt se fera par la mise en présence des cellules avec le X-glucuronide. Les plantes rendues transgéniques développent une coloration bleue qui peut être détectée par une méthode histochimique.

L'avantage est que les plantes ont un niveau de GUS indétectable, car seuls les vertébrés et les micro-organismes qui leur sont associés, possèdent l'enzyme capable de fabriquer ses substrats. Une fois sélectionnée, la plante n'offre pas le risque de fabriquer le marqueur de sélection.

Le principal inconvénient de cette méthode reste cependant majeur : il faut avoir recours à l'histochimie et les cellules doivent être tuées pour l'analyse (Watson et coll, 1994).

1.4.6.5. Méthode utilisant le mannose :

Plus récemment, chez la betterave, une expérience utilisant un gène issu *d'E. coli,* le gène PMI (PhosphoMannose Isomérase) et le mannose a été réalisée. Ces plantes ne savent pas en général métaboliser ce sucre de structure proche de celle du glucose. Alors, il est transformé en Mannose-6-Phosphate (M6P) qui s'accumule en inhibant fortement la croissance. (Perrier, 1999).

L'introduction dans les cellules végétales du **gène PMI** permet aux cellules transformées cultivées sur un milieu riche en mannose de métaboliser le M6P, toxique en un composé utilisable pour la plante, le fructose6Phosphate et de régénérer de jeunes pousses. Et les tissus non transformés sont éliminés par augmentation progressive de concentration du mannose, ce qui permet la sélection (Perrier, 1999).

1.4.6.6. Système cre-lox spécifique :

Le système de recombinaison **cre_lox site spécifique** a été utilisé comme une montre pour contrôler l'expression d'un gène par excision d'un morceau de gène intervenant.
Il y a une séquence d'ADN **loxP** de reconnaissance et un gène **Cre** codant pour la recombinase. Il peut supprimer tout fragment d'ADN encadré par deux séquences **loxP**.

Tout d'abord une première construction génétique est introduite comprenant le transgène d'intérêt et un gène marqueur de résistance aux ATB encadré par les sites **loxP**. Puis, un autre plasmide est transféré contenant le gène **Cre** et un deuxième gène marqueur.

Dans les cellules modifiées, le premier gène sélecteur est excisé par la recombinase.

La plante transgénique est ensuite régénérée. Les gènes d'intérêt et la deuxième construction peuvent ensuite être transmis indépendamment à la génération suivante par ségrégation.
Parmi les plantes filles, il est possible d'éliminer celles qui sont porteuses du gène **Cre car** elles sont repérables grâce au deuxième gène marqueur et de conserver les autres qui comprennent le transgène (Perrier, 1999).

1.4.6.7. Promoteurs spécifiques :

L'approche génétique n'est pas facilement applicable aux gènes qui contrôlent des processus fondamentaux de pousse de la plante, la différentiation et la reproduction (http://www.inra.fr/Internet/Direc, b). Une solution a été trouvée : utiliser des **promoteurs tissu-spécifiques** pour restreindre l'activité des transgènes à certains tissus.

Mais plusieurs promoteurs sont actifs pendant le processus de régénération de la plante transgénique. De plus, l'expression spécifique de tissu restreint l'étendue de l'analyse à quatre vingt dix neuf types de cellules et ne permet pas toujours aux tissus appropriés d'être étudiés.

Une autre solution consiste à utiliser des **promoteurs « heat shock ».** Ceux-ci peuvent avoir un haut niveau d'expression dans beaucoup de cellules types. Mais les plantes sont alors soumises à un stress, les conditions de pousse doivent être contrôlées et les chercheurs ont rencontré des problèmes avec l'expression des gènes de certaines plantes (Moore et coll, 1998).

1.4.6.8. Système MAT (multiAutoTransformation) :

Ce système a été testé en 1997 chez le tabac par l'équipe de Hiroyasu Ebinuma, de la firme Nippon Paper industrie à Tokyo au Japon pour son application chez le peuplier.

Ce système est constitué d'un fragment minimal de promoteur CaMV35S (Cauli Mosaïc Virus), deux séquences *lac operator* clonées et d'un facteur de transcription LhG4 mutant de *Escheichia coli lac* répresseur ainsi que d'un domaine d'activation de transcription de la protéine Gal4. Cela permet aux séquences transgéniques d'être exprimées en coordination sans multiplication des séquences promoteurs.

A l'avenir, il est envisagé d'utiliser le promoteur pour induire un gène d'intérêt dans un tabac où il sera silencieux au début. Ce sera utilisé quand l'expression du transgène sera faible et variable.

L'expression du transgène peut être induite dans des conditions environnementales et physiologiques normales sans intervention externe. Il peut y avoir de hauts niveaux d'expression, même dans les tissus inaccessibles aux inducteurs et enfin le contrôle spacial de l'expression du reporteur peut être atteinte en utilisant des promoteurs appropriés utilisant le gène LhG4.

Il ne faut cependant pas oublier que ces techniques ne sont pas encore en pratique . Ce qui veut dire que les plantes transgéniques actuellement en champ sont des constructions empirriques à améliorer.

1.5. Problèmes liés à la fabrication :

1.5.1. Méconnaissance du processus de fabrication :

Peu de choses sont connues à propos du processus biologique et moléculaire lors de l'injection et de l'intégration de l'ADN dans le génome. Par exemple le temps exact pour l'intégration n'est pas connu, ou bien s'il est stable dans toutes les cellules pendant le développement prochain de l'embryon. Des lignées cellulaires identiques mais qui ont suivi ou non un processus de transgénèse, donnent des plantes très différentes (http://www.fao.org/ag/aga/agah/wa/u1200b/u1200b04.htm).

1.5.2. Limites des méthodes de fabrication :

A l'heure actuelle, malgré les progrès réalisés en matière de recherche pour l'amélioration des techniques de fabrication, il existe encore principalement deux seules méthodes d'obtention qui sont soit le bombardement cellulaire soit la méthode des disques.
Or, ces deux méthodes présentent chacune de gros problèmes :

- la méthode des disques ne convient pas à toutes les plantes. En effet, elle convient particulièrement bien au plantes dicotylédones, mais peux aux monocotylédones, or ce sont ces dernières qui portent l'attention des industries agro-alimentaires,

- et le bombardement délivre de l'ADN avec un rendement très faible de cellules comparé à l'ADN pris dans les protoplastes. De plus cette méthode est utilisable pour les espèces récalcitrantes à la méthode des disques mais seulement quand des tissus organisés sont utilisés comme matériel de départ.

En outre, même si les protoplastes sont utilisés de manière routinière aujourd'hui lors de la fabrication de plantes transgénique, il s'est avéré très difficile de régénérer des plantes entières et surtout des céréales à partir de ces protoplastes par transgénèse.

1.5.3. Marqueurs de sélection :

Il est difficile de trouver des marqueurs de sélection appropriés et d'établir les conditions optimales de transformation (Hiroyasu Ebinuma et coll, 1997). De même il est difficile d'introduire un deuxième gène d'intérêt dans une plante transgénique qui contient déjà un gène de résistance comme marqueur de sélection. Et il est impossible d'introduire simultanément plusieurs gènes d'intérêts.

1.5.4. Transfert aléatoire :

Axel Kahn, médecin généticien, ancien président de la commission de génie biomoléculaire, précise : « il est possible par génie génétique de créer des variétés dangereuses, mais ce risque potentiel est beaucoup plus prévisible car la modification est mieux connue » (INRA, 1996).

Mais, Antoine Messean, directeur scientifique du CETIOM (Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métrapolitains), membre de la CGB, explique que désormais la technique de transfert de gènes est maîtrisée mais « pas le point d 'insertion du transgène, ni le taux de réussite de la transformation qui est de l'ordre de 1% » (INRA, 1996).

Gilles Séralini, biologiste moléculaire, explique la difficulté d'intégrer un gène étranger dans une plante transgénique (Anonyme, 1997 a). A l'heure actuelle, le lieu d'insertion n'est pas encore maîtrisé, ni les conséquences d'un mauvais placement : « car il peut interrompre des séquences essentielles, ou être le prisonnier de régulations imprévisibles, qui le conduisent à devenir silencieux la plupart du temps, ou à être surexprimé plus rarement ».

De plus, ces méthodes ne sont pas vraiment sensibles. Quand un gène est injecté dans un ADN étranger, il est nécessaire de l'encadrer par de bonnes séquences de régulations, dont le promoteur propre à l'espèce dans laquelle on l'introduit.

La transgénèse passe donc par un travail de tri qui consiste à rechercher, parmi les organismes ayant intégré le gène, celui ou ceux dont les gènes et le fonctionnement n'ont pas été altéré par le transfert (http ;//www.inra.fr/Internet/Direc b).

1.5.5. Mutations éventuelles :

Une équipe de Stanford, dirigée par Virginia Walbot, vient de démontrer que l'action des UVB sur le maïs pouvait réveiller des gènes sauteurs (Massod E., 1999). Ces gènes sauteurs, aussi appelés transposons, sont de petits fragments d'ADN capables de se déplacer au sein du génome. Parfois, ils s'insèrent dans des gènes normaux entraînant alors des perturbations. Mais, fort heureusement, le plus souvent, ils restent immobiles dans le génome.

Cette équipe a irradié des grains de pollen de maïs avec des UVB dans des conditions de 33% de déplétion de la couche d'ozone. Alors, il est noté une restauration de la mobilité d'un type particulier de transposons, appelés **Mu** pour mutant dans sept cas pour dix neuf étudiés. Les grains ayant subi une mutation sont colorés, l'identification se fait aussi par électrophorèse des protéines spécifiques.

Si les plantes savent réparer les dommages dus à des mutations simples et pas trop nombreuses, les réparations des dommages crées par l'insertion d'un transposon sont en revanche beaucoup plus difficiles. Près de 50% du génome du maïs contient des transposons, ce qui est un réservoir énorme de mutations ponctuelles (Anonyme, 1999 a).

1.5.6. Problèmes lié à la nature même des plantes :

Beaucoup de plantes ont un génome de très grande taille, souvent du fait d'une polyploïdie, c'est à dire que la plante contient plusieurs exemplaires du génome. Près de deux tiers des herbes, par exemple, sont polyploïdes et certaines espèces appartenant au genre de la pomme de terre ont un nombre de chromosomes variant de 24 à 144.

Il est possible que la polyploïdie intervienne dans le processus de variation clonale somatique caractéristique des cellules végétales en culture. En d'autres termes, les plantes qui se régénèrent à partir d'une seule cellule ne sont pas génétiquement homogènes parce qu'il semble en effet, que les cellules végétales en culture soient génétiquement instables. Il s'agit d'un problème de taille pour les expériences de transfert de gènes. (Watson et coll, 1994) .

Une autre difficulté vient de ce que l'intérêt des agronomes se porte surtout sur des plantes comme le riz ou le blé qui ont une importance considérable en agriculture.

Ce sont des plantes monocotylédones car le grain ne possède qu'un seul cotylédon et il s'est avéré très difficile de transformer ce type de végétaux avec des systèmes de vecteurs d'ADN par ailleurs très efficaces avec les dicotylédones (Watson et coll, 1994).

1.5.7. Evaluation des altérations génétiques :

Une petite compagnie, Iowa, produit un test capable de détecter les altérations génétiques des plantes. Les tests peuvent détecter les altérations génétiques dans les sojas ou blés fabriqués aux USA par Monsanto et Ciba Gergy respectivement.

Les tests permettent les exports depuis les USA jusqu'aux clients en Europe de graines garanties sans OGM, une garantie que beaucoup d'européens réclament (Wadman, 1996).

1.6. Méthodes d'évaluation des risques :

Des procédures d'évaluations sont déjà mises en place, mais elles sont considérées comme plus ou moins sévères, cohérentes et performantes.

1.6.1. La recherche :

1.6.1.1. Financements :

L'effort de recherche et développement des **entreprises agro-alimentaires** reste faible à l'exception de quelques grands groupes. Un budget de 2 milliard de francs lui était consacré en 1994. Cet effort croît cependant régulièrement depuis 10 ans (Messean et Champolivier, 1997).

1.6.1. 2. Les laboratoires :

La recherche regroupe les laboratoires de l'INRA, du CNRS (Centre national de Recherche Scientifique) et des universités sur des thèmes proposés par la CGB :

- les stations de **l'INRA de Rennes et Dijon** s'occupent de la dissémination des transgènes par hybridation,
- **l'INRA de Versailles** s'occupe de l'évaluation des risques liés aux virus et de l'apparition de résistance chez les insectes,
- **le laboratoire de neurobiologie comparé des invertébré (INRA/CNRS)** de l'Essonne étudie l'impact des transgènes sur les insectes butineurs,
- **le CNRS de Lyon** travaille sur les micro-organismes telluriques,
- **l'université d'Orsay** a crée un modèle informatique de dissémination du laboratoire d'évolution et systématique des végétaux,
- un programme concerté **INRA-instituts techniques** est réalisé sur la dissémination en conditions de culture, (Messean et Champolivier, 1997).

En 1997, plus de 10000 essais ont été réalisé à l'échelle mondiale.

La recherche européenne en biotechnologie végétale est financée aux deux tiers par des fonds privés et à plus de 75% aux Etats unis (Anonyme, 1997 f).

Novartis, par exemple, a consacré 3.7 milliard de franc suisse, soit près de 12% de son chiffre d'affaire total à la recherche et développement. Il collabore pour la recherche avec l'INSERM

(Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale), le CNRS, l'INRA(confédération française des semenciers, 1997).

La recherche publique française est la plus importante d'Europe : un milliard de francs est consacré chaque année au secteur agro-alimentaire. L'INRA regroupe 50% des moyens consentis à ce secteur et s'occupe de la science des aliments et nutrition humaine (http://www.education.gouv.fr/recherche/ORGARECH/JINRA.HTM, a).

Patrick Legrand explique : « Il est clair que c'est la recherche publique qui s'occupe d'environnement. Elle ne s'y est mise que très tardivement ». Mais, la plupart des expériences sont menées par des laboratoires publics et Pierre Henry Gouyon y voit une garantie, car elle n'est pas impliquée dans la production (Anonyme, 1997 f).

Jean Marie Pelt, professeur d'écologie à la faculté de pharmacie de Nancy raconte : « En biologie, et sur un plan mondial, on peut considérer que les deux tiers des crédits affectés à la recherche l'ont été dans ce domaine, mais peu de recherches sur les effets sur la santé et l'environnement[...]L'immense majorité des chercheurs engagés dans les biotechnologies dépends des subsides de l'industrie » (anonyme, 1997, e).

1.6.1. 3. Transfert recherche-industrie :

Pour optimiser le dispositif français de recherche et accentuer le transfert recherche-industrie, les industries alimentaires et les laboratoires publiques de recherche s'appuient sur un réseau d'une cinquantaine de centres techniques, coordonnées par une structure nationale, l'ACTIA (Association de Coordination Technique pour l'Industrie Agro-alimentaire).

Ce dispositif d'appui technique au secteur agro-alimentaire est unique en Europe.

1.6.2. L'évaluation des risques en Europe :

C'est la CGB qui est chargée de l'évaluation des risques des plantes transgéniques.

Elle s'est fondée sur quelques principes prudents.

1.6.2.1. Les deux principes d'évaluation :

Le premier de ces principes est qu'il est possible d'évaluer que ce qui est connu. Par conséquent, la commission refuse d'évaluer ce qu'elle ne connaît pas.

Le deuxième principe est ce qui est appelé en biologie « **caractère aléatoire** » doit être réduit. C'est à dire qu'il faut réduire au minimum la possibilité de survenue de risques.
Il est raisonnable de penser que le caractère incertain est lié à l'importance des modifications qui ont été pratiquées et du matériel introduit, au moins en partie, dans les OGM (INRA, 1996).

1.6.2.2. l'appréciation des dossiers :

L'appréciation de ces dossiers est commune aux commissions américaines et françaises :

- l'appréciation de la sécurité de la plante transgénique comporte systématiquement une évaluation des problèmes posés par ces produits, à savoir quelle est la structure moléculaire, les caractéristiques biochimiques, les modifications biochimiques qui peuvent être introduites dans une plante transgénique par un nouveau produit, telle une protéine que la plante ne produisait pas avant sa modification,

- des vérifications sont faites afin de savoir si le produit en lui même ou bien les modifications du métabolisme introduites par ce produit dans la plante sont toxiques pour l'homme les animaux et l'environnement,

- si la plante est amenée à devenir aliment, la valeur de cet aliment est cherchée en le comparant notamment à des aliments déjà connus,

- le problème de son allergénicité est assez difficile à résoudre, sauf si le transgène code pour une molécule allergène car il est alors certain que l'aliment présente un risque,

- la sécurité de la plante pour l'environnement est ensuite évaluée en examinant quels sont les problèmes liés à leur effets, leur diffusion, la protéine codée par le gène. Les caractéristiques particulières de la plante dans laquelle le gène a été introduit sont aussi étudiées compte tenu des éventuelles modifications de comportement qui ont pu être causés par l'introduction du gène (INRA, 1996).

1.6.2.3. Caractéristiques observées :

- identification de l'organisme donneur,
- description de la plante hôte,
- description des méthodes utilisées pour engendrer la plante,
- nombre de copies de gènes, les événements d'insertion, la stabilité de l'insertion,
- l'hérédité de l'insertion,
- la description des caractéristiques de la protéine qui est codée par le transgène introduit par la plante,
- spécificité de l'expression dans les différents organes de la plante (Hermitte, 1997).

La plante transgénique doit être comparée aux plantes commercialisées.

La CGB demande aussi que les plantes transgéniques aient subi des modifications génétiques aussi limitées et caractéristiques que possible, car en théorie, il est raisonnable de penser que des effets difficiles à prévoir pourraient être le résultat de modifications génétiques trop importantes.

Par ailleurs, la stabilité phénotypique d'une variété pourrait être modifiée par la ségrégation au cours des reproductions sexuées (INRA, 1996).

Alors, le fragment transgénique idéal introduit dans une plante qui doit être mis sur le marché doit être court, stable et limité à ce qui est indispensable à l'effet recherché.

1.6.3. l'évaluation des risques de l'autre côté de l'atlantique :

L'évaluation des plantes issues des technologies modernes se fait de manières très différente aux USA .
La FDA (Food and Drug Administration) regarde scrupuleusement certaines caractéristiques de sécurités comme les substances complètement nouvelles et les substances allergènes.
La FDA vérifie d'avantage les qualités sécuritaires de l'aliment, plutôt que la méthode de fabrication de la plante trangénique.

C'est un consensus scientifique, analysé par le conseil national de recherche : « les même lois physiques et biologiques gouvernent la réponse d'un OGM par méthodes moléculaires et cellulaires et les mêmes produits faits par méthodes classiques » (Miller,1999).

De ce fait, la manipulation ne détermine pas un degré de vigilance supérieur.

L'EPA (US Environmental Protection Agency) raisonne à l'inverse : il observe les tests *in vivo* et l'utilisation des biotechnologies à travers les régulations déclenchées par l'utilisation de techniques d'ADN recombinant. La régulation est alors fixée sur le processus plutôt que sur le risque (Miller,1999).

1.6.4. Les exigences des scientifiques :

Sue Mayer souligne le manque de réglementation au niveau des procédures d'évaluation : « Les Etats Unis ont fait des directives concernant seulement les aspects techniques immédiats comme le vecteur, le donneur, le receveur et l'apparence qu'il donne[...] . De toute manière, la plupart des éléments nécessaires pour prendre une décision sont incertains ou manquants, quand les régulateurs et leurs consultants doivent prendre un jugement de valeur»,(Mayer, 1996).

Même si les plus rigoureux tests étaient réalisés sur chaque aliment génétiquement modifié, il ne serait pas possible d'établir qu'aucun soit sain à un degré de sécurité suffisant, comme c'est le cas pour les plus ordinaires des additifs chimiques (http://www.biointegrity.org/Laceydecalartion.html).

Et le docteur Henri Darmency du laboratoire de malherbologie à l'INRA, d'estimer : « Rien n'a encore été fait pour évaluer la réalité des différences supposées entre les deux types de plantes, comme le devenir à long terme et sans contrôle par l'homme des séquences d'ADN étrangères au génome des végétaux, (séquences d'insertion, gènes marqueurs, promoteurs, gènes à exprimer), ou le rôle de la transformation, de la localisation aléatoire des constructions géniques et de leur nature sur l'expression du génome des plantes transformées. » (Darmency, 1997).

2. Les risques associés

2. Les risques associés :

2.1. Qu'est ce que le risque :

2.1.1. Définition du risque :

Jean Pierre Zalta, professeur et président de la CGG (Commission de Génie Génétique) définit sa philosophie du risque : « **La notion de danger potentiel est un danger estimé comme possible, qui n'est pas nécessairement réalisable ou existant et donc lié inversement à l'état de nos connaissances** » (Anonyme, 1997 a).

Marc William Millereau, conseiller thématique, juriste et chercheur à Lyon III élargit son sentiment : « **le débat éthique sur la biosécurité a fait son deuil du mythe du risque zéro** » (Anonyme, 1997 a).« Il reste que le risque zéro n'existant pas, l'acceptation par les consommateurs des produits issus des biotechnologies repose en grande partie sur la confiance qu'ils accordent aux instances de contrôles » Guy Paillotin, (Anonyme, 199 a).

2.1.2. Les industriels et le risque :

Monsanto, un grand industriel de l'agro-chimie rassure l'opinion publique en précisant : « Nous savons grâce à de nombreuses années de recherches et d'évaluations, que les semences et les plantes issues des biotechnologies ne présentent pas de risques, ni pour la consommation humaine, ni pour la consommation animale, ni pour l'environnement » (Monsanto,1998).

Philipe Gay, directeur de recherche à Novartis seed exprime ses certitudes quant à la sécurité de ces plantes. En effet, « depuis plus de cinq ans, les données ont largement été utilisées par les experts qui ont été saisis par les gouvernements européens, des Etats Unis, du Canada et du Japon. Leur conclusions ont été unanimes : ce maïs n'est pas dangereux pour l'environnement, la santé et l'alimentation des animaux et des hommes » (Kempfer, 1998 a).

De manière générale, les industriels pensent que si risque il y a, il est par nature équivalent à celui que présente les organismes modifiés par des techniques conventionnelles et il est donc à évaluer par référence aux organismes traditionnels au sujet desquels une longue expérience est acquise.

2.1.3. Une partie des scientifiques et le risque :

Jean Pierre Zalta, président de la CGG (Commission du Génie Génétique) : « Dans la sélection naturelle, les croisements mettent en jeux 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 » (Confédération française des semenciers, 1997).

Axel Kahn, médecin, généticien, ancien président de la commission de génie biomoléculaire est convaincu que les conséquences défavorables sont inférieures à celles des méthodes traditionnelles : « la génétique permettrait une plus grande maîtrise de ce qui est inséré dans les organismes, peut produire des produits dangereux, mais ne comporte pas de dangerosité en soi comme procédé d'obtention » (INRA, 1996).
« En ajoutant des caractères nouveaux à une espèce, on ne prend pas un risque spécifique, car on maîtrise le niveau d'expression du gène, la nature de la protéine et si on a des incertitudes, on sait quoi étudier », toujours selon Axel Kahn. Il est convaincu que les nouvelles méthodes sont plus sûres que certaines autres (INRA, 1996).

Jeff Schell, professeur au collège de France : « l'application du génie Génétique présente peu de risques, mieux, quand il y a des risques, ils ont en général prévisibles donc maîtrisables car on travaille sur les gènes, dont on connaît bien les séquences introduites et on peut, dès le départ, éliminer les formes qui présentent des risques » (Schell,1997).

Une partie des scientifiques pense qu'il y a assez de recul aujourd'hui pour affirmer que les plantes issues des techniques de transgénèse ne présentent pas de risques particuliers.
Mais tous ne sont pas de cet avis.

2.1.4.L'autre partie des scientifiques et le risque :

L'autre partie des scientifiques concernés par ce problème pense qu'il n'y a pas assez d'études faites pour affirmer que les plantes transgéniques ne présentent pas un danger particulier.
Certains voient même d'ores et déjà un risque assez élevé associé à ces plantes nouvelles.

Joy Bergelson, du département d'écologie et d'évolution de l'université de Chicago remarque que : « Les entreprises ont souvent tendance à manquer de rigueur lors des études préalables destinées à vérifier l'absence de risques pour l'environnement » (http://www.environnement.gouv.fr/infoprat/comites/cpp/ogm.htm, 1997 a).

Sur 800 essais, un seul s'est intéressé aux risques d'invasion de l'écosystème par les plantes transgéniques, les autres ne s'intéressent dans l'ensemble, qu'à la résistance aux herbicides de la plante modifiée.
Patrick Legrand, directeur de la mission environnement et société à l'INRA déclare : « Le maïs transgénique est déjà dans les champs, alors que l'on a pas encore vraiment mis en place les systèmes de surveillance » (Tobelem et Brian, 1998)...

Philipe J.Regal, biologiste au collège des sciences biologiques et professeur d'écologie, comportement et évolution à l'université du Minessota (Saint Paul), lie beaucoup de revues sur la trasngénèse. Il avoue n'avoir jamais vu d'études publiées dans la littérature scientifique démontrant que ces risques sont catégoriquement négligeables : « Certains OGM pourraient même être dangereux. De plus , en l'absence de test toxicologiques valables, nous ne pouvons déterminer si ces nouvelles nourritures sont dangereuses ou non ».
Son expérience personnelle lui a permis de cottoyer de nombreux experts scientifiques qui publient des articles disant que les OGM sont aussi sûrs que les aliments naturels. Mais, ceux-ci admettent en privé qu'ils ont de sérieux doutes quant à leur déclarations. Dans les discutions informelles, aux repas, sur les promenades, les scientifiques gouvernementaux expliquent qu'il n'y a pas de possibilité d'assurer la sécurité des aliments transgéniques. (http://www.biointegrity.org/Regaldeclaration.html, 1999).

Albert Jacquart, biologiste, généticien s'inquiète aussi : « Ce n'est pas à ceux qui s'y opposent de démontrer qu'il y a un risque de maladie, c'est à ceux qui projettent de répandre des OGM de prouver qu'il n'y en a pas. Or, ils en sont bien incapables » (Anonyme, 1998 b).

2.2. Vers une nouvelle étape :

2.2.1. La biotechnologie dans la continuité de l'agriculture :

Déjà la définition du mot biotechnologie est à préciser.
Selon les défenseurs des techniques de transgénèse, la biotechnologie qui comprend la transgénèse s'inscrit dans la continuité des techniques d'amélioration agricole.

D'après Patrice Debré : « Cette entité morphologique et fonctionnelle du vivant [...], ne doit pas faire oublier que ses constituants, les molécules sont construites avec des éléments universels, les atomes, ceux que l'on rencontre dans le règne minéral » (Debré, 1998).

Les substitutions de gènes entre bactéries et plantes sont rares, mais se produisent dans la nature et ont un rôle important dans l'évolution des bactéries et par conséquent des organismes supérieures car ils sont l'association de plusieurs génomes, notamment bactériens Donc, ce mélange de génomes proposé par génie génétique est retrouvé dans la nature (http://www.inra.fr/Internet/Direc... quelques repères scientifiques b).

Certaines séquences sont essentielles à la vie et nécessairement identiques à tous les règnes vivants. La distinction entre espèces s'estompe. De plus, la plante a dans son répertoire quelques dizaines de milliers de gènes, ce qui permet son identité génétique « Ce n'est pas l'introduction d'un ou plusieurs gènes, quelque soit son origine, qui remette en question son identité » (http://www.inra.fr/Internet/Direc...quelques repères scientifiques b).

Selon Henry de Lymley, directeur du Museum national d'histoire naturelle : « Les biotechnologies modernes ne sont que la continuité des avancées de l'agriculture depuis que l'homme s'est sédentarisé [...] dès les premiers pas de l'agriculture, il y a 12000 ans, l'homme s'efforce de choisir les meilleurs plantes » (confédération française des semenciers, 1997). Le génie génétique s'inscrirait dans la suite de la révolution verte avec la même logique.

Noëlle Lenoir, juriste, présidente des comités de bioéthique de l'UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organisation) et de la commission européenne s'exprime : « Non seulement l'homme a le droit de modifier le vivant, mais il le fait depuis qu'il existe. L'homme s'est constitué comme un être doué de conscience et de raison en maîtrisant la nature et en la transformant. Aujourd'hui ce qui a changé, ce sont les méthodes : les modes de transformations du vivant étaient empiriques, ils sont devenus beaucoup plus scientifiques et techniques » (http://www.cnrs.fr/SDV/gouyon.html).

A l'inverse, les opposants pensent qu'une nouvelle étape est franchie et ils distinguent alors ces méthodes de fabrication.

2.2.2. Une méthode très différente :

Les mécanismes et risques de la technologie de l'ADN recombinant sont substantiellement différentes de celles des méthodes naturelles de culture ; « Celle-ci sont basées seulement sur la reproduction sexuée entre organismes de même espèces ou relativement proche » (http://www.biointegrity.org/Laceydecalartion.html, 1999).

Normalement tous les groupes de gènes se relient de manière ordonnée, contenant une séquence fixe d'information génétique. Chaque gène est sous le contrôle du système de régulation. « Au contraire, les biotechniciens prennent les cellules qui sont le résultat de la reproduction normale et épissent un morceau au hasard. ». Cela perturbe toujours la fonction de la région de l'ADN natif dans lequel le matériel s'est inséré (http://www.biointegrity.org/Laceydecalartion.html, 1999).

De plus, cette activité non régulée produit des substances qui n'ont jamais été dans les espèces hôtes et sont usuellement très différentes et cela peut engendrer des problèmes même si les productions restent à un faible niveau.

Selon philip J. Regal, biologiste au collège de science biologique et professeur d'écologie, comportement et évolution à l'université du Minessota (Saint Paul), la biotechnologie peut être très différente biologiquement des formes conventionnelles de cultures. Cela entraîne un risque pour la santé humaine non associé auparavant. Par exemple, par transgénsène, il est possible de modifier la valeur nutritive ou de créer des toxines, des principes actifs allergènes (http://www.biointegrity.org/Regaldeclaration.html, 1999).

Enfin, Jean Marie Pelt, professeur émérite d'écologie à la pharmacie de Nancy, s'exprime lors d'une conférence à Meylan en France de cette manière : « Quand on intègre un gène d'un ADN à l'autre, il est possible que celui-ci ne se comporte plus de la même façon ».

Au delà des différends, les parties pour et contre les OGM se rejoignent au moins sur un point : **les prises de positions globales n'ont aucun sens.** Il faut examiner les couples plantes –gènes au cas par cas, en tenant compte de l'origine de la plante, de son cycle reproductif et des méthodes culturales (Philipon, 1997 a).

Les risques liés à cette méthode de culture des plante sont nombreux. La recherche dans ce domaine vient de commencer et déjà la polémique s'installe et dénonce plusieurs problèmes réels ou potentiels.

2.3. Les gènes de résistance aux antibiotiques :

2.3.1. Le problème des gènes marqueurs :

Lors de la fabrication d'une plante transgénique, un gène marqueur de sélection, le plus souvent résistant à un antibiotique est employé afin de différencier les plantes (chap 1).

Si la plante transgénique est viable, le gène sélecteur de résistance à un antibiotique est un simple résidu d'une étape de construction.

Selon le type de construction, ces gènes sont exprimés ou non. Ils s'expriment par exemple, dans la tomate calgène, mais le plus souvent, ils ne s'expriment pas.

Le British Advisory Commitee on Novel Foods and Process (ACNFP) a décidé lors d'un colloque à Talloire en France, en septembre 1996, que les gènes de résistance à la classe des pénicillines, l'une des classes d'antibiotiques les plus utilisées en thérapeutique humaine, posait un risque inacceptable à cause de la possibilité de **transfert du génome de la plante à celui des bactéries du tube digestif des animaux ou des humains** (Abigail, 1996).

De plus, il peut y avoir une altération du gène de résistance à un antibiotique de la classe des pénicillines, par simple **mutation**, ce qui élargirait le spectre vers les céphalosporines ou rendrait le porteur du gène réfractaire à l'action des inhibiteurs de pénicillases (Bertolla et Simonet, 1999 b).

Enfin, l'introduction de ce gène marqueur n'est pas toujours une solution : certaines espèces de plantes sont insensibles aux agents de sélection et il est alors difficile de séparer les cellules ou tissus transformés des autres qui n'ont pas pu internaliser le gène. Dans ce cas, l'utilisation de gènes exprimant la résistance à un antibiotique s'avère incompétente.

Le problème posé est de savoir s'il est possible qu'un transfert de gène de la plante transgénique vers les bactéries du **tube digestif de l'homme** ou de l'animal ou bien vers les bactéries telluriques, est possible. Et dans ce cas, quelles en sont les conséquences ?
Quelques études ont été menées à ce propos. Leurs résultats sont controversés.

2.3.2. Passage vers les bactéries du tube digestif :

Jusqu'à présent, peu d'attention a été apportée au possible rôle de transformation des bactéries dans l'intestin. Ceci est en grande partie dû au fait que l'ADN était considéré comme ne résistant pas à l 'action des nucléases du tube digestif. En dépit de cela, des fragments de bactériophages M13DNA ont été retrouvés intacts après le passage à travers le tractus intestinal de la sourie (Mercer et coll, 1999).

En effet, les OGM contiennent souvent des transgènes d'origine procaryotique, ce qui pourrait faciliter leur intégration dans le chromosome d'une bactérie réceptrice, ou de l'ADN sans introns qui dans certains cas, peut être associé à des promoteurs fonctionnels dans les bactéries (Bertola et Simonet, 1999 a).

De plus, les bactéries opèrent par reproduction assexuée, et pour parer au mixage génétique, elles pratiquent le transfert horizontal (conjugaison, transduction, transformation). Cela leur permet une rapide adaptation à leur environnement.

Les transferts de gènes jouent un rôle important dans leur capacité à s'adapter aux challenges environnementaux et dans l'évolution des bactéries intestinales. Beaucoup de bactéries, incluant celles de la microflore orale et du tube digestif sont connues pour être naturellement transformables.

Le tube digestif, du fait des immenses populations bactériennes qu'il contient, représente un système privilégié d'échange des gènes de résistance, même en l'absence d'antibiotiques.
L'OMS a d'ailleurs souligné la nécessité d'influencer les recherches sur ces sujets (Acar et Courvalin, 1998).

Lors d'une étude menée par Bengt O.Benglisson et ses collaborateurs, ceux-ci observent la survie de l'ADN libre dans la salive humaine et utilisent la PCR (Polymerase Chain Reaction) compétitive pour quantifier la dégradation de l'ADN et la transformation de *Streptococcus gordoniiDL1*(*S. gordoni*) une bactérie de la microflore orale de l'homme, dans tout le tube digestif.

La cavité orale est le premier site de contact entre l'ADN libre de la nourriture et la microflore, c'est l'un des plus complexe et hétérogène habitat microbien dans le corps humain (Benglisson, 1997).

Le plasmide d'ADN qui a été exposé à la dégradation dans la salive humaine a montré qu'il était capable de transformer la bactérie orale compétente et naturelle *S. gordonii DL1 in vitro* (figure 10).

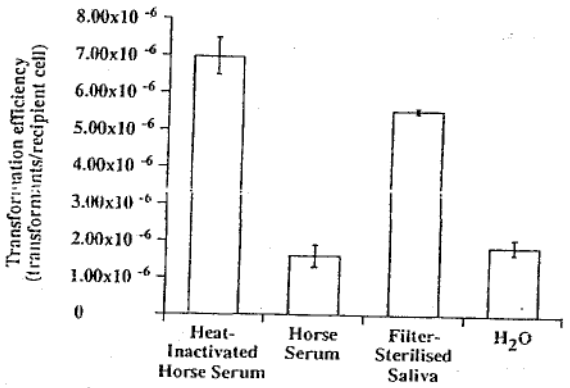


Figure 10 : Transformation de *S. gordoni* (Mercer et coll, 1999):

Ce travail démontre que l'ADN libre peut survivre un temps suffisant dans les essais de salive humaine non complètement dégradé puisque entre 40 et 65% d'une région 520-b ciblée sans plasmide PVACMC1 a été considérée comme encore amplifiable par PCR après 10 minutes d'incubation avec la salive.

Les expériences ont été faites in vitro avec une mixture contenant quatre parts de salive pour une part d'ADN, la cinétique précise de dégradation ne reproduisant pas exactement celle *in vivo,* mais la simulation semble être proche des conditions réelles. De fortes concentrations initiales d'ADN ont été utilisées ici pour tester la possibilité d'un plasmide exposé aux nucléases salivaires de transformer les cellules naturellement compétentes de *S. gordonii* DL1. La rapide dégression observée de l'activité de transformation avec le temps d'exposition à la salive, avec une demi-vie de 50 secondes environs, reflète la population diminuante des molécules d'ADN transformant. Les bactéries Gram plus se transforment naturellement (figure 11).

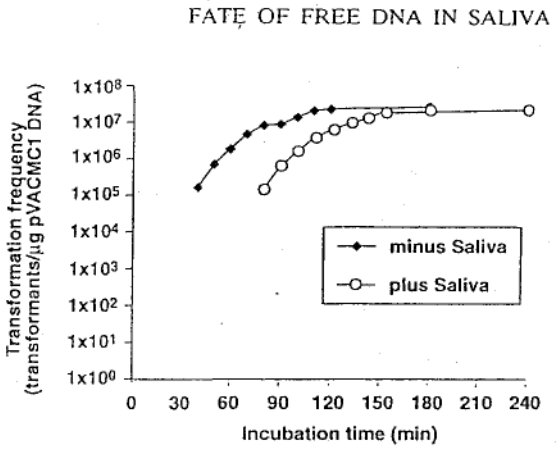


Figure 11 : «Le sort de l'ADN libre dans la salive », (Mercer et coll, 1999)

La fréquence de transformation est prévue dans la proportion du carré de la concentration d'ADN. Les streptocoques oraux, comme *S. mutans,* qui montrent une transformabilité naturelle en condition de laboratoire,ont une transformation moindre dans la cavité orale *in vivo.*

Pour savoir si des taux significativement quantitatifs de transformation naturelle se produit *in vivo*, il faut toutefois des investigations plus poussées. Mais la possibilité de transformation existe et de plus, les végétaux ou des animaux ingérés relâchent constamment de l'ADN, ce qui augmente ce risque (Mercer et coll, 1999).

Bien que nu, le brin d'ADN a plus de chance de survivre dans la cavité orale que dans la suite du tube digestif à cause de l'acidité stomacale et des pancréases . Ceci dit, la survie du bactériophage M13DNA a été démontrée dans le tractus digestif malgré ces conditions défavorables (Mercer et coll, 1999).

La possibilité de passage d'un gène bactérien provenant d'un OGM vers une bactérie du tube digestif est donc réelle. Il y a beaucoup de raison pour demander aux agrogénéticiens de ne pas laisser de tels gènes de résistances aux antibiotiques dans leurs produits (Benglisson, 1997).

2.3.3. Passage vers les bactéries du sol :

Il est désormais avéré que les transferts de gènes peuvent se faire entre règnes très éloignés. Néanmoins, ils nécessitent beaucoup d'étapes, chacune ayant une probabilité de survenue très faible. De plus, dans le sol la vie est au ralentie, ce qui est peu propice à la transformation. Et, l'intégration d'un gène codant pour une résistance à un antibiotique dans le sol, où la pression de sélection est faible, est plus un fardeau génétique supplémentaire car la bactérie doit dépenser plus d'énergie pour répliquer l'ADN, ce qui entraîne son élimination de l'écosystème (Neilson et coll,1994).

Pourtant, d'après les études de Griffith, cette transformation peut se faire dans plus de 40 espèces de bactéries du sol, de l'eau, des sédiments et ce phénomène est bien plus important que prévu. (Bertolla F., Simonet P., 1999 b).

La première étape consiste en la survie de l'ADN végétal hors de sa cellule. Cet ADN extra-cellulaire vient de la lyse de cellules mortes ou de l'excrétion de l'ADN chromosomique ou plasmidique, de manière active ou efficiente.
Quand cet ADN est libéré dans le sol, il subit une dégradation rapide par fractionnement physique et dégradation chimique ou enzymatique. Une infime partie persiste pourtant. En laboratoire, il a été démontré que l'ADN était détectable par PCR plus de 130 jours plus tard, et dans les échantillons du sol directement récoltés dans la nature, les séquences ciblées sont détectables plus de deux ans après la récolte (Bertolla et Simonet, 1999 b).

L'ADN est parfois protégé de la dégradation par adsorption sur des particules d'argile ou de sable. Les études menées ont montrées que l'ADN adsorbé est toujours capable de transformer les cellules bactériennes. L'ADN libre dans le sol est plus résistant à l'attaque nucléotidique (Mercer et coll., 1999).

La seconde étape consiste en l'adsorption de l'ADN à la surface de la cellule bactérienne. Cela dépend de la présence d'une séquence d'acide nucléique chez le donneur d'ADN. Mais,

certaines bactéries ne nécessitent pas une telle adhésion spécifique. Elles peuvent alors être transformées par n'importe quel type d'ADN.

Ensuite, la bactérie possède un système de protection limitant la modification et empêchant la contamination par les séquences étrangères. Ce système de réparation, aussi appelé Mismatch est fortement impliqué dans le processus de barrière génétique qui inhibe les échanges entre espèces phylogénétiquement éloignées. Par cela, elle limite la recombinaison. Néanmoins, la prise d'ADN ne se fait que sur un brin dans la plupart des bactéries compétentes. S'il y a mutation, la recombinaison est plus facile. L'ADN échappe alors au système de restriction (Bertolla et Simonet, 1999 b).

Certains locis sont conservés à travers les génomes, ce qui favorise le transfert. Le sol ne contient pas d'inhibiteurs de stade de compétence ce qui permet à l'ADN de devenir transformable.

Ensuite, l'internalisation se fait par réplication autonome ou par recombinaison homologue plus ou moins illégitime dans la plante.

Plusieurs conditions sont cependant nécessaires :

- le donneur et le receveur doivent avoir des séquences d'ADN similaires tirées de l'hétéroduplexe d'ADN. Par exemple, si la similarité diminue de 100% à 90%, la recombinaison est réduite par un facteur 40 chez E. Coli (Bertolla et Simonet, 1999 a),

- il est aussi important qu'il y ait une origine de réplication chez le transgène,

- la longueur de l'ADN,

- pur être en mesure d'assimiler un gène d'origine étrangère, la bactérie doit être dans un **stade dit de compétence**. Celle-ci est reliée au stade physiologique des cellules et à l'accumulation de facteurs de compétence environnementaux. Elle est régulée par plus de 40 gènes dans la bactérie *Bacillus subtilis*, par exemple. Son activation, se fait seulement pendant les phases métaboliques, en général (Richard, 1994).

La dernière étape consiste en l'intégration du transgène par la bactérie. Un brin d'ADN simple dans le cytoplasme qui ne s'intègre pas dans le chromosome ou ne se réplique pas de manière autonome, est détruit en nucléotides, pour être à nouveau utilisé lors de la synthèse d'un nouvel ADN.

En conclusion, le transfert depuis la plante génétiquement modifiée jusqu'à la bactérie du sol existe mais il reste faible du fait du nombre d'étapes nécessaires et de leur probabilité de survenue.
Des expériences in vitro entre *Acinetobacter sp* et différentes plantes génétiquement modifiées à l'institut de biochimie et phytovirologie de Braunschwerg (Allemagne), ont abouti à la détection de bactéries transformées à fréquence variant de 3.10-8 à 5.4.10-9 (Bertolla et Simonet, 1999 a).

Les conséquences de ce phénomène sont importantes pour la gestion de la résistance aux antibiotiques en thérapeutique. Car si ce gène échappe du génome de la plante transgénique, il peut intégrer des bactéries du sol et exprimer sa résistance à l'antibiotique de sa classe.

Un autre problème d'envergure se profile : la dispersion contrôlée des transgènes pourrait être susceptible de modifier l'équilibre des écosystèmes par la création d'organismes présentants une compétitivité supérieure à celle des espèces sauvages (Simonet et Nesme, 1997).

2.3.4. La microflore racinaire :

L'équipe d'Yves Dessaux, à l'institut des sciences végétales du CNRS à Grif sur Yvette a étudié les modifications qu'entraîne dans la microflore bactérienne de l'environnement racinaire (la rhizosphère), la culture de plantes productrices de substances inhabituelles dans la nature (Gasquez, 1997).

Pour cela, les chercheurs ont utilisés le lotier corniculé, dans lequel ils ont introduit, à partir du génome de la bactérie pathogène *Agrobacterium*, divers gènes commandant la synthèse d'opsines, molécules rencontrées dans les tumeurs végétales (notamment racinaire) induites par ce pathogène.
Alors, une modification de l'environnement bactérien est notée. Il y a création d'un trophisme privilégié entre la plante transformée et une catégorie de bactéries capables de dégrader ces molécules, d'où une forte pression de sélection (Gruyon et coll, 1993).

Dans la population bactérienne totale, la concentration en bactéries utilisatrices d'opsines était de 1000 à 3000 fois supérieure à la rhisosphère des lotiers normaux. Mais chaque variété de bactérie réagit différemment à la sécrétion d'opsines par la plante, et chaque formule d'opsine différente a une action différente sur la population bactérienne. Alors, l'approche est au cas par cas. Les résultats montrent aussi que pour évaluer l'impact d'une plante transgénique sur son environnement biologique, il faut déterminer avec précision les populations cibles, ce qui risque d'être délicat à réaliser.

D'ores et déjà, même si les perturbations observées dans l'environnement racinaire sont moins radicales que celles causées par la rotation des cultures, elles n'en demeurent pas moins fortes, car elle ne sont engendrées que par la modification d'un seul gène dans le génome de la plante (Gruyon et coll, 1993).

Les scientifiques ont donc fait pression pour changer le gène marqueur de sélection. Ils préfèrent l'utilisation de gènes n'ayant pas de conséquences pour la santé humaine :
« Imaginons le cas d'une plante transformée plusieurs fois. Si à chaque fois, nous laissons le gène marqueur de sélection, il sera alors vite très difficile de trouver des antibiotiques sans danger pour l'alimentation humaine » (Benglisson, 1997).

Jean Yves Le Deault, député en France, a annoncé lors de la conférence des citoyens, le 20, 21 juin 1998 : « ..Considérant qu'un risque théorique de transfert de la résistance aux antibiotiques aux être humains existe de façon minime [...], nous préconisons l'interdiction des gènes marqueurs de résistance aux antibiotiques comme outils de sélection lors de la phase de construction des plantes transgéniques ».

2.4. Résistance aux virus :

2.4.1. Stratégies :

La protection conférée par l'expression du gène codant la protéine majeure de la capside du Virus de la Mosaïque du Tabac (TMV) dans le tabac ou la tomate a été mise en évidence dès 1985 par R. Brachey et son équipe (Abel et coll, 1986). Le mécanisme moléculaire n 'est pas encore complètement élucidé. Dans le cas du TMV, l'accumulation de cette protéine inhiberait le dessablage du virion, pour d'autres virus ce sont les étapes les plus tardives de l'infection qui seraient altérées (réplication, transcription, mouvement des particules virales).
C'est la technique la plus utilisée actuellement, elle a été appliquée avec succès à plus de 40 virus à ARN infectant selon des modalités variées une large gamme de plantes dicotylédones et monocotylédones.

Les autres stratégies consistent à interférer avec les systèmes de réplication du virus pour perturber l'amplification virale par exemple avec l'utilisation d'ARN satellite, de pièges à polymérase virales, de ribozymes ou de protéines antivirales (Scriban., 1999).

Certaines variétés ont naturellement un ARN, appelé sat-RNA. Celui-ci est capable d'atténuer la réplication du gène CMV, d'où une diminution du nombre de virus dans la plante et une présence assymptomatique.

Mais les chercheurs ont évoqué dès 1991 les risques potentiels associés à l'utilisation de gènes viraux des plantes transgéniques.

2.4.2. Avantage sélectif :

Certaines espèces cultivées, comme le colza la betterave ou la laitue peuvent se croiser avec des espèces sauvages apparentées.
Le gène de résistance du dit virus peut ainsi être transmis par croisement aux variétés sauvages.
Le risque potentiel est de conférer à la variété sauvage un avantage sélectif lui permettant de devenir une mauvaise herbe envahissante (Tepfer, 1998).

2.4.3. Le virus se protège :

Le virus pathogène a une aptitude particulière à surmonter la résistance de la plante transformée.
Le déploiement à grande échelle de variétés résistantes exerce une pression de sélection sur les populations naturelles du virus pathogène donnant un avantage sélectif aux populations capables de surmonter la résistance.
Jusqu'ici aucune souche virale surmontant un gène codant une protéine de capside n'a été décrite, mais il est possible que de telles souches apparaissent lorsque de nombreuses variétés transgéniques seront cultivées à grande échelle (Tepfer, 1998).

2.4.4. Hétéroencapsidation :

Le phénomène d'hétéroencapsidation est reconnu : il existe actuellement des variants de protéines chez les différentes souches d'un virus : si deux souches d'un même virus infectent conjointement une plante, il est possible d'observer naturellement des particules virales ayant

incorporé les deux types de protéines de capside. Le virus est alors « hétéroencapsidé » (encapsidé partiellement ou totalement par des protéines de capside hétérologues).

En cas d'infection de la plante transgénique par un virus apparenté, la protéine de capside synthétisée par la plante à partir du transgène peut être incorporée dans des particules virales. Les particules virales hybrides qui en résultent possèdent à la fois les propriétés de la protéine codée par le génome viral et celles de la protéine produite par la plante à partir du transgène. Ces propriétés peuvent concerner la transmission du virus par l'insecte vecteur naturel (souvent des pucerons), l'aptitude à la migration systématique du virus dans la plante, la dissémination du virus par la graine, etc. Les modifications dues à l'hétéro-encapsidation sont temporaires et réversibles lors de la réplication du virus dans d'autres plantes non transgéniques.

Des équipes de l'INRA des stations de pathologie végétale d'Avignon et de Bordeaux ont été les premières à démontrer qu'effectivement l'hétéro-encapsidation dans des plantes transgéniques provoque une modification de l'aptitude des pucerons à transmettre un virus apparenté. Suite à ces travaux, les laboratoires de pathologie végétale de Bordeaux et biologie cellulaire de l'INRA à Versailles développent des transgènes codant une protéine de capside modifiée afin d'éliminer ce risque potentiel (Tepfer, 1998).

2.4.5. Recombinaison :

Début 1994, Anne Greene et Richard Alison, de l'université de Michigan, ont démontré pour la première fois qu'un échange entre le génome B d'un virus et le transgène A de la plante était possible par recombinaison. Dans une plante transgénique, les séquences virales intégrées à la plante pour lui conférer une résistance peuvent s'intégrer à leur tour au matériel génétique du virus infectant par recombinaison.

Cela dépend de plusieurs facteurs :

- fréquence comparable ou supérieure à celle de la production du même virus par mutation et recombinaison entre génomes ARN de virus,

- la fréquence de recombinaison virus-transgène dépend du degré de similitude structurale et de séquence, de la concentration subcellulaire et de la localisation des molécules d'ARN. Ce serait une malchance si le nouveau virus formé était compétitif (Falk et Bruening, 1994).

Contrairement à l'hétéro-encapsidation, les modifications dues à la recombinaison sont stables et peuvent conduire à l'apparition puis à la dissémination de virus nouveaux, aux propriétés biologiques différentes de celles des virus parentaux.

Les travaux réalisés à l'INRA (laboratoire de biologie cellulaire de Versailles et pathologie végétale d'Avignon) ont montré que des virus recombinants peuvent provoquer des viroses aggravées (Tepfer, 1998). De plus, il est possible de considérer que la culture de plantes transgéniques pourraient entraîner une augmentation de la probabilité de présence simultanée de séquences virales différentes dans une même plante. Toute plante transgénique infectée par un seul virus est, du fait de la présence de transgène, dans une situation analogue à celle d'une plante non transgénique infectée par deux virus. D'où une augmentation probable de la fréquence de l'événement de recombinaison.

En outre, il est possible que les caractéristiques de construction virales transférées puissent favoriser des événements qui auraient peu de chance de se produire lors de co-infection (modification de la nature du produit de la recombinaison).

Enfin, Il existe un cas au moins où ces risques sont réellement spécifiques des plantes transgéniques : il s'agit des plantes transformées à l'aide d'une construction provenant d'un virus qui n'infecte pas naturellement cette espèce (système non hôte). Dans ce cas, effectivement, des séquences virales peuvent alors se retrouver en présence de façon inhabituelle (Tepfer, 1998).

Il y a un risque de création de nouveaux virus dangereux (Falk et Bruening, 1994). Ceci bien que les interactions se produisant par infection mixte engendrent rarement de nouveaux virus pathogènes. Mais les maladies virales sont souvent dues aux variants mineurs de virus déjà connus et non pas de virus recombinants. En fait, les virus sont très stables, se développant entre compétiteurs très lentement (Falk et Bruening, 1994).

Mais, d'un autre côté, la plupart des virus de plantes connues ont un petit génome, composé d'une seule unité de RNA de 10000 nucléotides en général, ou moins. Cette recombinaison est rare, mais contribue sûrement à l'évolution du génome viral. En effet, sous la forte pression de sélection, des recombinaisons ARN-ARN viral ont été démontrées pour quatre groupes de virus (Falk et Bruening, 1994).

A travers les conditions d'agricultures usuelles, les virus des plantes ont beaucoup d'opportunité d'interagir car ils sont largement diffusés à travers les insectes. Il y a aussi possibilité de propagation du matériel génétique par le pollen et sa diffusion. ...
Ceci se produit plus souvent qu'il n'est rapporté, car une infection sublimite est indétectable. Alors, il peut y avoir recombinaison avec le virus intégré dans la plante et les possibilités de recombinaisons sont nombreuses (Falk et Bruening, 1994).

Comme les modifications produites par recombinaison sont durables, il est crucial de déterminer si les génomes recombinants susceptibles d'être crées chez les plantes transgéniques peuvent être différents de ceux qui apparaissent naturellement chez les plantes non transgéniques et s'ils présentent des propriétés biologiques nouvelles (agressivité, spectre d'hôte...).

Une évaluation au cas par cas est nécessaire.

2.4.6. L'ARN sat :

Les constructions utilisant l'ARN sat entraînent plusieurs risques. Les plus importants, d'après les travaux de Palukaitis et Roosinck, sont ceux associés aux gènes codant pour l'ARN satellite (sat-ARN) qui confère la résistance au CMV .

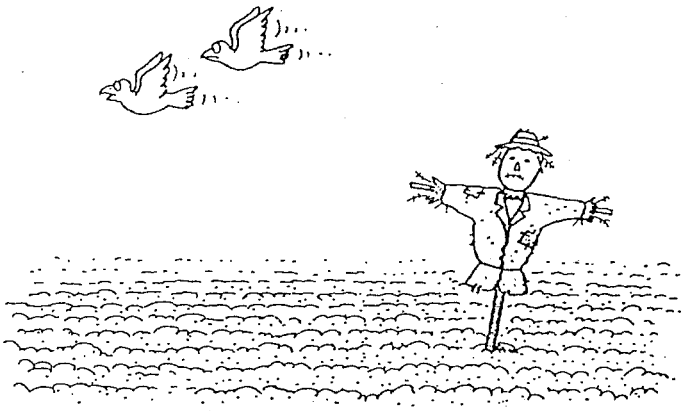
Les plantes transgéniques contenant le gène sat-RNA sont hautement tolérantes à l'infection par le virus CMV. Mais il existe quatre positions connues sur le gène où une mutation peut transformer le sat-RNA en inducteur de nécrose létale. De plus, une mutation sur d'autres positions du sat-RNA dirige l'induction de la fabrication d'un virus CMV très sévère pour le tabac.

Le danger est que la mutation peut engendrer un variant délétère, qui par pression de sélection sera transmis à d'autres plantes. Cette hypothèse est connue, la question reste de

savoir si cet événement se produit rarement. Par contre, les scientifiques n'avaient pas pensé à l'avantage sélectif apporté par mutation. Ceci pourrait avoir des conséquences désastreuses pour l'environnement. La méthode de fabrication est donc à revoir (Tepfer et Jacquemond, 1996).

La fabrication de plantes résistantes aux virus pose donc de nouveaux problèmes.

2.5.Flux de gènes :



◄ "Who needs a scarecrow when the pesticides are frightening enough?"
"Qui a besoin d'un épouvantail alors que les pesticides sont bien assez effrayants comme ça ?"
Dessin paru dans The Ecologist, *Sturminster Newton.*

2 .5. 1. Les connaissances :

Les deux tiers des plantes transgéniques sont des plantes tolérantes à des herbicides. En 1997, un million d'hectares a été recouvert aux USA avec ce type de plantes soit un tiers des champs cultivables (Mann, 1999).

Les flux de gènes entre les plantes génétiquement modifiées et leurs apparentées sauvages (surtout pour le colza et la betterave) inquiètent beaucoup les écologistes et les chercheurs. Peu d'informations sont disponibles sur les risques de maintenir de tels transgènes en conditions naturelles.

Pour Pierre Thiriaux, directeur de recherche au CEA (Centre d'Energie Atomique), service de biochimie et génétique moléculaire, la vigilance est de mise, même si, dans la plupart des cas, les conséquences écologiques prévisibles sont anodines : « Une première urgence est d'admettre le caractère parcellaire des connaissances dans le domaine des flux de gènes, où les applications techniques de la génétique moléculaire réactualisent des disciplines relativement négligées comme la microbiologie ou la génétique des populations. » (Rouvillois et Le Fur, 1999).

Peux étudiée aux USA, l'incidence des transferts de gènes sur les écosystèmes est actuellement à l'étude en France. A l'INRA, les programmes d'étude des risques ont été financés par la CEE en 1989, puis par le ministère de l'environnement français (Chevre et coll, 1998).

2 .5. 2. Possibilité de transfert croisé :

Chez les plantes **allogames** (issues de reproduction sexuée par des gamètes provenants de parents différents) la fécondation est croisée. Alors, le pollen d'une plante va féconder les organes femelles d'une autre plante.

Dans certains cas, ce pollen transgénique peut féconder les organes femelles d'une espèce sauvage apparentée, présente dans le champs, ou dans un champs voisin, c'est la fécondation inter-spécifique. Ces croisements concernent surtout les espèces 100% allogames ou plutôt allogames comme la carotte, la betterave, la laitue. Ils sont possibles aussi avec le colza (20% d'allogamie) notamment avec les navettes (*Brassica rapa*), parfois les ravenelles (*Raphanus raphanistrum*) ou les moutardes des champs *(Sinapsis arvensis).*

Pour que ces croisements aient lieu, il faut :
- une correspondance des époques de floraison,
- une compatibilité des systèmes de reproduction,
- un éloignement compatible avec la diffusion du pollen.

Comme le maïs ne présente pas d'apparentés sauvages en Europe, il n'y a pas cette possibilité. De même, les pommes de terres dispersent peu leur pollen.

Mais, comme le précise Henri Darmency, malherbologue à l'INRA de Dijon, lors de la 17ème conférence du Columba, le 9,10 et 11 décembre 1998, « les espèces réputées comme autogames sont normalement assez protégées face au risque de croisement avec leurs apparentées sauvages. Cependant, on peut être surpris des quantités de pollens dispersés à des distances non négligeables par certaines espèces, ou des possibilités de donner des hybrides pas totalement stériles chez le riz oublié ».

Les travaux publiés en 1996 par Thomas Mikkelsen et ses collaborateurs au Danemark (Chevre et coll, 1997), montrent en effet qu'il est possible en deux générations d'introduire spontanément des gènes du colza (*Brassica napus*) dans le génome de sson apparentée sauvage *Brassica rapa* et que cela se produit d'autant plus facilement que le transgène est porté par la partie du génome du colza identique à celui de *Brassica rapa.*

La notion de transfert est donc à évaluer au cas par cas.

2 .5.3. Pression de sélection :

Certains transgènes ont la capacité d'exercer une pression de sélection. Cela rendra la plante plus ou moins **envahissante**, car le gène introduit conférera un avantage sélectif.

Selon Axel Kahn, en ce qui concerne la pression de sélection, il y a trois catégories de transgènes :

- ceux qui ne favorisent pas la prolifération, comme par exemple le gène de stérilité mâle,

- ceux qui, dans des conditions de culture particulières, peuvent favoriser le développement de certaines plantes. C'est le cas des gènes de résistance aux herbicides, qui confèrent un avantage important, mais seulement en culture,

- ceux susceptibles de conférer un fort avantage sélectif aux plantes qui les expriment, comme les gènes entraînant un gain de vigueur, de fécondité, ...(Rouvillois et Le Fur, 1999).

Quand le transgène a un caractère sélectif, la dissémination est rapide.

Pour Henri Gouyon de l'université d'Orsay : « le gène de résistance [à l'herbicide] sera transféré dans les populations sauvages même si la fréquence des croisements entre les plantes cultivées et sauvages est très faible. On ne peut donc espérer confiner le gène introduit au compartiment cultivé » (Mikkelson et coll, 1999).

2 .5. 4. L'exemple du colza (Brassica Napus):

L'étude a été menée par le laboratoire de l'INRA de Rennes utilisant le colza (*Brassica napus*) *bar* résistant au glufosinate ammonium (*Basta*).
Ils ont utilisé des plants mâles stériles de colza pour ne pas avoir de pollen, ce qui les mettaient en situation agronomique normale. Puis, ils ont regardé l'aptitude des hybrides à féconder.

Le colza peut transmettre son transgène à une espèce proche car :

- il est au 2/3 autogame, mais peut être aussi allogame,

- un égrenage important est noté, avec des graines qui peuvent survivre plusieurs années dans le sol.Une expérience faite à l'INRA a montré qu'il existait dès les premiers mètres une rapide diminution du flux de pollen, sans pouvoir détecter un seuil zéro à plus de 300mètres,

- un flux de gènes a été détecté dans les mauvaises herbes proches du colza, mais pas dans le colza sauvage jusqu'à présent (http://www.inra.fr/Internet/Direct...CTUALITES/OGM/chevre.htm, e).

Le taux de réussite de croisement diminue quand le colza est le parent mâle, à l'exception des croisements avec *Raphanus raphanistrum*, ce qui est un facteur plutôt défavorable à la dissémination du gène.
Ils ont pu produire des hybrides interspécifiques F1 entre *Brassica napus* et *Brassica oleracea, Sinapsis arvensis, Raphanus raphanistrum,, Brassica radpressa.*
Les hybrides ont une morphologie proche de *Brassica napus*, certains résistent aux herbicides (tous ceux qui ont le gène *bar*).

Le transfert est donc possible pour le colza, mais fonction de l'espèce étudiée. La plante hybride n'est pas complètement stérile, néanmoins, la fertilité est fortement abaissée. Au fur et à mesure des croisements en champs, la fertilité augmente, les gènes de restauration de fertilité étant apportés par la ravenelle (Chevre et coll, 1997).

La fertilité peut atteindre 94% quand les hybrides sont « amphidiploïdes », c'est-à-dire quand le stock chromosomique est doublé et que les chromosomes peuvent s'appareiller (Habeit, 1994). Cette espèce hybride transgénique peut *a priori* survivre en milieu naturel.

De plus, il y a une possibilité de recombinaison entre les chromosomes des deux espèces parentales au moment de la formation des gamètes, ce qui est assez fréquent chez les hybrides

Brassica napus-Brassica oleracea et *Brassica napus-Raphanus raphanistrum*, permettant l'insertion d'un transgène. Après deux générations d'hybridation et croisement, la plante est très fertile d'où une rapide progression des gènes de l'OGM vers le monde sauvage (Mikkelsen et coll., 1999).

L'évaluation se fait au cas par cas, en fonction du transgène, de l'espèce, de son degré d'allogamie, de son environnement. Pour certaines espèces, le risque de flux est réel, pour d'autres, il est à nuancer.

2 .5.5. Problèmes liés à l'herbicide :

Mr Darmency, malherbologue à l'INRA, estime que lorsque le nombre d'herbicides auxquels les plantes peuvent être tolérantes augmentera, l'agriculteur ne saura plus quel herbicide utiliser (INRA, 1996).

De plus, au fil du temps, les repousses de cultures antérieures risquent d'accumuler les différents gènes de résistance aux herbicides et ne pourront plus être détruites que par des herbicides de plus en plus spécifiques et totaux auxquels la culture restera sensible. Il lui sera alors impossible de reconnaître à l'œil la résistance d'une repousse dans une parcelle donnée.

Le chercheur, lors de la 17ème conférence du Columba sur la lutte contre les mauvaises herbes, le 9, 10 et 11 décembre 1998, exprime ses craintes par rapport à l'accumulation des résistances chez les repousses allogames : « Les repousses peuvent être fécondées par des variétés cultivées dans d'autres champs alentours, possédant d'autres résistances. Celles-ci étant génétiquement indépendantes, on peut s'attendre à trouver des accumulations de résistances chez les repousses au fur et à mesure des générations ».

Gilles Séralini, biologiste moléculaire, explique le problème des plantes résistantes à un herbicide : « Les produits de transformation des pesticides ne sont pas testés en routine pour leur toxicité et tous ne sont pas connus, comme leur effets neuro-toxiques, les perturbateurs neuro-endocriens qui peuvent par exemple diminuer la fertilité, l'action pro-cancérogène, les empoisonneurs métabolique et l'accumulation le long de la chaîne alimentaire (Séralini, 1997).

2 .5.6. Menace d'envahissement :

Les implications sont conséquentes et rappellent une douloureuse expérience menée 10 ans plus tôt : la betterave à sucre européenne a spontanément été mélangée avec sa variété sauvage, créant une espèce hybride qui est aujourd'hui un réel problème dans le continent. La betterave à sucre est bisannuelle, alors les racines sont moissonnées à la fin de la deuxième année, alors que la nouvelle hybride est annuelle. « La racine endommage l'équipement fermier, ou va dans la production agricole ... Vous ne pouvez pas la tuer avec un herbicide, car n'importe quel herbicide qui tue la mauvaise herbe, blesse sa variété cultivée. Et vous ne la reconnaissez pas par ses fleurs ».

Les plantes transgéniques sont susceptibles de créer le même problème (Mann, 1999).

2 .5.7. Des solutions apportées :

2 .5.7.1. Transgènes en tandem :

Une étude essayant de pallier ce risque de transfert de gènes est partie de l'hypothèse suivante :
les mauvaises herbes ont développé une résistance à un herbicide dans leur propre génome par transfert de gènes horizontal, mais si ce flux de gènes se produisait, la plupart des cultures n'ont pas une possibilité de multiplication inter-spécifique dans la majorité des environnements (Gressel, 1999).

Le blé et le colza ont tous les deux de multiples génomes dérivés de différentes sources sauvages (Gressel, 1999). Souvent, seulement un des génomes de la culture est compatible avec celui de la mauvaise herbe correspondante, permettant alors le transfert de gènes. L'intégration naturelle d'un transgène du génome A ou B du blé dans les croisements inter-spécifiques avec les mauvaises herbes requiert de rares recombinaisons d'homologues génomiques par crossing-over.

Ce risque peut diminuer en utilisant une **carte cytogénétique** pour localiser les transgènes et relier seulement les lignes de transgènes pour lesquelles le génome est incompatible avec les espèces sauvages. Un nouveau concept a été inventé :

utiliser le génie génétique pour atténuer les avantages sélectifs des transgènes transmis aux mauvaises herbes.

Trois principes régissent cette hypothèse :
- construction en tandem des gènes sur des liens serrés,
- quelques traits de caractères sont soit neutres soit intéressants pour la culture et seraient délétères pour la mauvaise herbe ou pour la culture qui redeviendrait sauvage,
- les mauvaises herbes rivalisent fortement entre elles et font beaucoup de graines, mais le moindre trait de caractère plus faible sera éliminé (Gressel, 1999).

Si le gène de choix fabriqué est couplé à des gènes d'atténuation transgénique dans une construction en tandem, l'effet le plus fort sera dérisoire s'il échappe jusqu'à la mauvaise herbe. Cela s'utilisera uniquement quand les voisins sauvages sont seulement en partie en relation, et qu'ils n'ont pas de chromosomes homologues, si bien que la recombinaison homologue soit rare.

La plante est transformée avec un gène délétère mais pas létal. Ensuite, la plante est transformée avec un répresseur spécifique pour ce caractère, de telle sorte que les progénitures sont normales. Les deux gènes doivent être situés sur différents chromosomes.
Une mauvaise herbe qui acquiert le caractère délétère en tandem avec le trait désiré par recombinaison homologue, ne peut pas en faire autant avec le répresseur et le trait délétère serait libre d'agir.

Exemple : les mauvaises herbes ont une dormance secondaire qui leur permet d'éviter d'être contrôlée. Si la dormance secondaire est abolie par transgénèse, cela ne change rien pour la

plante cultivée, mais c'est délétère pour la mauvaise herbe qui va alors germer (Gressel, 1999).

2 .5.7.2. Méthode des labours :

Pour freiner l'apparition de repousses contenant des OGM, la méthode des labours peut être utilisée, mais comme le précise Jean Marc Meynard de l'INRA, cela infléchira à l 'évolution observée actuellement vers la simplification du travail du sol liée à la recherche d'une diminution des coûts de production (Rouvillois et Le Fur, 1999).

Le labour permet d'enfouir les semences tombées à terre et d'éviter ainsi leur germination, après quelques années d'enfouissement, le nombre de graines viables aura beaucoup diminué. Mais certains transgènes, en particulier ceux qui contrôlent la composition de la graine, pourraient accroître la durée de conservation des semences dans le sol, diminuant ainsi l'efficacité du labour.

2 .5.7.3. Le déchaumage :

Le déchaumage peut aussi être réalisé. Il est indispensable après un colza ou une céréale transgénique car il a un rôle classique de maîtrise des repousses ; il vise à favoriser la germination des graines laissées à la moisson.

2 .5.7.4. Précautions annexes :

La réduction des chutes de graines au sol devra aussi être recherchée, par amélioration du fonctionnement des machines de récolte et un meilleur effort sur la sélection de variétés résistantes à l'égrenage ; ceci permet la maîtrise des repousses (Gasquez, 1997).

Il faut aussi entretenir les bordures de champs et de routes : le plantes situées en bordure de champs ne sont pas contrôlées par le travail du sol et le desherbage des cultures. De plus, elles constituent un réservoir d'apparentées sauvages qui peuvent se croiser facilement aves des variétés transgéniques.

La fauche doit être réalisée avant la grenaison. Elle empêchera la propagation de pollen vers les parcelles voisines.
Il faut savoir maîtriser l'agencement des espèces et des variétés dans l'espace. Pour cela il faut éviter les risques de pollution génétique de parcelles à parcelles ; les distances d'isolement devront être définies en fonction de la capacité à se croiser des espèces et variétés et des distances de transport du pollen (Rouvillois et Le Fur, 1999).

Si un gène de résistance à un herbicide se trouve représenté sur toutes les cultures d'un large espace, les risques d'émergence de populations résistantes augmentent, d'où la nécessité de disperser et diversifier.

Dans leur intérêts, les agriculteurs adoptant des plantes transgéniques devront enregistrer rigoureusement leurs pratiques, ceci afin d'éviter les populations des récoltes et adapter le choix de leurs désherbant. Il reste des problèmes comme par exemple la diffusion du pollen dans l'espace, ou la chute de graines lors du transport de plantes transgéniques.

La chance de transfert de gènes d'une espèce OGM à une même espèce non OGM est augmentée si les plantes sont adjacentes(**http://www.mainichi.co.jp/english/new03.html**).

2.5.8. L'observatoire (figure 12):

Les principaux instituts techniques concernés ont pensé faire des observatoires afin d'évaluer les risques de diffusion des gènes vers le monde sauvage. Chacun est composé :

- d'un ensemble de parcelles d'environ un hectare chacune sur lesquelles sont implantées les cultures mentionnées, en reproduisant le système de culture représentatif de la région et intégrant les plantes transgéniques étudiées dans ce projet (résistance au glufosinate et gluphosate pour les cultures de betterave, colza, tolérance à la pyrale pour le maïs),

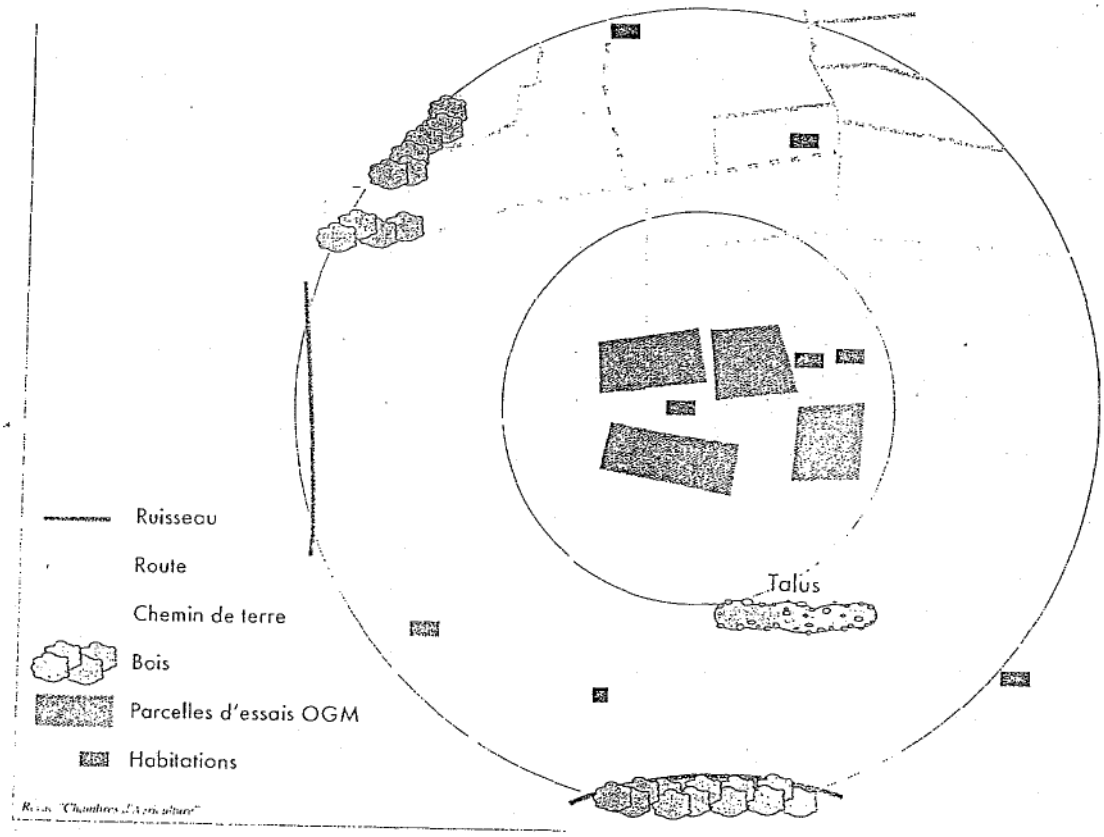


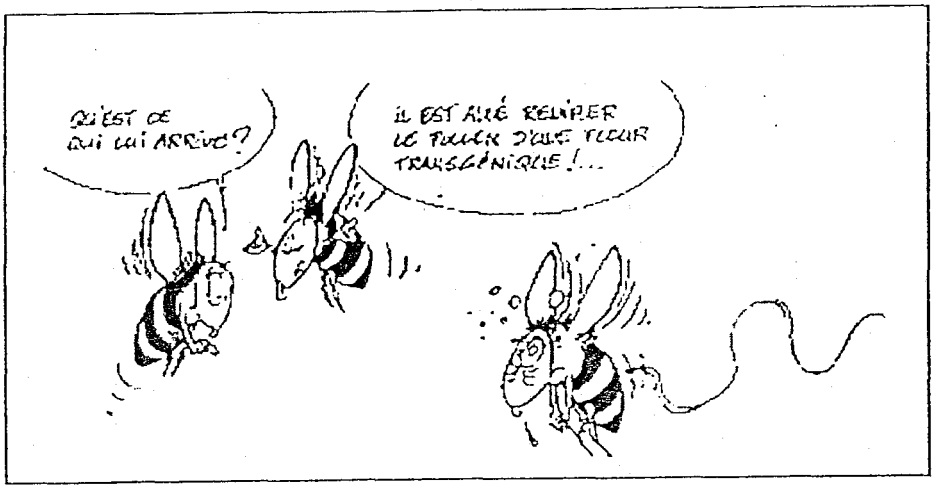
Figure 12 : Zone d'observation (Messean et Champolivier, 1997) :

- d'une zone de surveillance autour de cet ensemble de parcelles d'un rayon de plus ou moins 1500 mètres car aucune contrainte n'est imposée pour la conduite des parcelles situées dans cet espace.

Le risque qu'une plante transgénique prolifère au point de devenir envahissante n'inquiète cependant pas tous les agronomes. « Ceux-ci savent que les plantes cultivées de nos régions sont totalement incapables de survivre dans les milieux naturels, et qu'un gène de résistance à un parasite, par exemple, ne bouleversera pas leur biologie. Pour autant, cela n'exclut pas une

certaine vigilance, en particulier si les obtenteurs parviennent à mettre au point des constructions complexes susceptibles de modifier radicalement le comportement des plantes receveuses » (Philipon, 1997 a).

2.6. Le pollen transgénique :



Source : chercheurs citoyens, 1998

2.6.1 Situation générale :

Par transgénèse, des plantes contenant un gène *Bt* ont été construites, leur permettant de se protéger contre la pyrale.

Le transgène provient de la bactérie *Bacillus thuringiensis (Bt)* qui produit les toxines Cry1A. Ce sont des protoxines,
(http://www.agriculture.gouv.fr/alim/ogm/consom/rapsynmon.html, 1999 b).
Ces protoxines utilisées dans les formulations commerciales des *Bacillus thuringiensis* doivent être délivrées dans le tube digestif des insectes pour devenir toxiques.

Mais ce gène *Bt* a été retrouvé dans le pollen de la plante transformée. Celui-ci peut être dispersé à plus de 360mètres (Hodgson, 1999), et polluer les plantes sauvages. Les insectes se nourrissant de ces plantes sauvages peuvent donc ingérer ce pollen transformé.

2.6.2. Toxicité propre du pollen sur le comportement alimentaire:

Lors d'une étude menée par John E.Losey et ses collaborateurs, en 1999, des larves de papillon Monarque, vielles de trois jours, ont été placées sur chaque tige de mauvaise herbe aspergée de pollen transgénique. Puis, ils ont pesé la larve après quatre jours.
Seulement 56% des larves ont survécues, ce qui est significativement moins que sans pollen transformé (100%).

Il a été noté également un effet significatif du pollen de céréales sur le **comportement alimentaire** du papillon : la proportion cumulée des tiges consommées par la larve est significativement inférieure sur les tiges salies par le pollen *Bt* que celles salies avec du pollen non transformé (Losey et coll., 1999).

En laboratoire, il a été constaté que si la larve du papillon *Danaus plexippus*, qui est un insecte non ciblé par cette toxine, est nourrie avec une mauvaise herbe saupoudrée de pollen des céréales transformées *Bt*, elle grandit moins vite et souffre plus de mortalité que la larve nourrie avec du pollen non transformé ou sans pollen (Losey et coll., 1999).
Le poids est 50% inférieur à celui d'une larve nourrie avec une tige salie avec du pollen non Bt.

Les résultats ont potentiellement de nombreuses implications dans la conservation des papillons. Les larves de papillons se nourrissent exclusivement d'herbes sauvages qui poussent en lisière des champs de blé. Les céréales sauvages dispersent du pollen pendant 8 à 10 jours entre juin et mi-août. C'est le temps pendant lequel la larve de papillon se nourrie.

2.6. 3. Mortalité directe :

Les toxines *Cry1a* sont toxiques pour beaucoup d'espèces de leptidoptères, mais à des degrés divers (**http://www.agriculture.gouv.fr/alim/ogm/consom/rapsynmon.html**, 1999 b).Tous les lepidotères ne sont pas sensibles à ces toxines.

La toxicité directe par consommation de la plante de maïs n'est avérée que contre les leptidoptères. Les autres espèces peuvent être affectées par consommation du pollen contenant la toxine.
La mortalité semble due aux effets toxiques de la toxine *Cry1a*.

- Ceci est aussi fonction de la dissémination, du niveau d'expression de la toxine dans le grain de pollen, des quantités de pollen émises

(http://www.agriculture.gouv.fr/alim/ogm/consom/rapsynmon.html, 1999 b).

2.6.4. Réduction de la fertilité

Nicholas Birch a démontré qu'un antiacide toxique exprimé par une pomme de terre modifiée réduit la fertilité et le temps de vie des oiseaux femelles (Anonyme, 1999, g).

2.6.5. Attirance pour la fleur :

Le laboratoire de l'INRA de neurobiologie de l'Essone étudie depuis 1989 la toxicité pour l'abeille des nouvelles protéines synthétisées par des colzas transgéniques.

Il apparaît que le temps de visite d'une abeille sur une fleur est plus court sur un colza transgénique produisant une chitinase. En effet, les abeilles restent 10 secondes en général au lieu de 13 secondes. Ceci peut être parce que le nectar est plus riche en sucre dans la fleur transgénique.

De plus, quand une glucanase est ajoutée à une solution alimentaire proposée aux abeilles sur des fleurs artificielles, le nombre de visites reçues par ces fleurs ne représente qu'un cinquième du nombre de visites reçues par les fleurs sans glucanase. Cette enzyme a un effet démotivant à l'échelle de la colonie.

Enfin, la présence de glucanase et surtout d'un inhibiteur de la trypsine dans la solution alimentaire diminue la capacité d'apprentissage des abeilles (Habeit, 1994).

2.6.6 . Polémique et contreverse autour des résultats :

Willy de Greef, à la tête des affaires réglementaires et gouvernementales des graines Novartis, la compagnie qui a développé la variété N4640Bt pense que ces études de Cornell University manquent de rigueur (Ithaca, NY) (Habeit, 1994).

Le monarque est trouvé occasionnellement dans le sud de l'Europe, ainsi qu'une espèce proche, le petit monarque. Ce sont des papillons migrateurs de l'ouest américain. Aucune de ces deux espèces ne fréquente les zones de monoculture céréalière car elles sont peu attractives. Les abords des parcelles de culture sont désherbés, ce qui ne favorise pas leur reproduction.

Selon lui, la consommation très élevée de composés toxiques aux larves ne représentent pas les conditions habituelles et naturelles. De même, elles n'ont pas eu le choix entre un brin OGM ou non. L'expérience du choix aurait été meilleur en explorant les stratégies d'évitement du pollen par le papillon.
De plus, les méthodes utilisées n'étaient pas rigoureusement quantifiables. Cet exemple de controverse montre bien l'envergure du débat. En effet, la plupart des études menées sur les risques potentiels sont controversées. Ce qui donne une plus grande impulsion à la polémique existante.

2.6.7. Sélection d'insectes résistants :

Tous les insectes survivants dans un champ de maïs *Bt* ont théoriquement été soumis à une pression de sélection.
La probabilité de sélection d'insectes résistants dépend de la fréquence initiale des éventuels allèles de résistance chez les insectes et de l'effet de dilution de ces gènes par accouplement du papillon porteur d'un de ces allèles avec des individus provenant de champs de maïs non protégés (Dumas et coll, 1997).
Pour éviter ce phénomène, il est préconisé la culture d'îlots de variétés traditionnelles. Ces derniers en servant de refuge aux ravageurs, contribueraient à limiter l'émergence de souches résistantes. Mais beaucoup de scientifiques jugent inévitable l'apparition de ravageurs résistants (Philipon, 1997 a).

2.6.8. Mesures concrètes :

A la suite de ces résultats, la CGB (Commission de Génie Biomoléculaire) va réévaluer ces risques par un renforcement des mesures de suivi des cultures pour mesurer de manière pertinente l'étendue réelle de ce spectre d'action et l'impact dans les conditions agronomiques habituelles.

Quand la commission doit examiner le cas d'un gène de résistance à un ravageur, elle étudie l'effet de ce gène sur les espèces d'insectes domestiques tels que les abeilles et elle demande à ce que soit pratiquées des expériences en cage tendant à démontrer l'absence d'effet dues aux gènes de résistance sur des leptidoptères ou des abeilles sur plusieurs générations.

Il n'y a pas de remise en cause des AMM des lignées de maïs résistants aux insectes, mais il convient de poursuivre et renforcer les mesures de biovigilance, selon l'avis adopté par la CGB dans sa séance plénière du 22/06/1999
(http://www.agriculture.gouv.fr/alim/ogm/consom/rapsynmon.html, 1999,b).

Il y a une remise en cause favorable des évaluations pour quatre demandes de mise sur le marché de lignées de maïs résistants aux insectes (Bt176, Bt11, Mon810, et Mon809).

2.7. Problèmes liés à la consommation :

2.7.1. Allergie alimentaire :

2.7.1.1. Tableau clinique (Tableau 3):

L'allergie alimentaire est représentée par l'ensemble des tableaux et affectations cliniques liés à une sensibilisation de l'organisme aux allergies d'origine alimentaire. Elle s'exprime par des immunoglobulines E (IgE)(Moneret-Vautrin et Kanny, 1995).

Tableau 3 : Symptômes cliniques cutanés et muqueux dans l'allergie alimentaire (Moneret Vautrin, 1997):

Adultes/enfants	enfants
Dermites atopiques Angio-oedèmes laryngés et autres localisations urticaires et/ou de contact dermite de contact dyshidrose (épices) photodermatite purpura dermites herpétiformes (intolérence au gluten) aphtose buccale récidivente	Reflux gastro-oesophagien Douleurs abdominales, nausées, vomissements, diarrhées Colique du nourrisson Allergie aux protéines du lait de vache Gastite allergique Entéropathie exsudative avec anémie de spoliation

Les risques allergiques des aliments transgéniques ont été envisagées par la FDA dès 1992 (Moneret Vautrin D.A., 1997).

Les risques d'émergence de nouvelles structures immunoréactives jusque là inapparentes ou non biodisponibles, du fait du développement des nouvelles technologies de transgénèses sont variables et dépendent de nombreux facteurs développés ci-dessous.

2.7.1.2. Transgène potentiellement allergène :

Un des facteurs de risque d'émergence de nouvelles structures immuno-réactives est l'origine du transgène car si un gène codant pour un allergène connu est introduit dans une plante, il est tout à fait probable que la plante transgénique exprimera la protéine exogène avec son potentiel allergénique.

Cela a été confirmé pour la noix du brésil. Pionner Hi Berd a voulu intégrer dans le soja le gène de l'albumine 2S de la noix du Brésil. Il avait été introduit car c'est une protéine riche en

méthionine et cystéine et l'introduction dans le soja visait à rééquilibrer la composition protéique de la graine (naturellement pauvre an acides aminés soufrés).
Or, ce gène est allergisant et il vient d'être démontré que le soja l'exprime dans une quantité telle qu'il induit une réactivité allergique accentuée de la part de sujets allergiques à la noix du Brésil (Moneret Vautrin, 1997).

Les études ont été effectuées par Steve Taylor et son équipe de l'université du Nebraska à Lincoln. Ils ont effectués des analyses à partir de sérums de personnes allergiques à la noix du Brésil. Ils ont découvert que les anticorps des 7/9 des échantillons réagissaient aux extraits de soja GM. C'est le signe que le soja peut provoquer des allergies chez les personnes allergiques à la noix du Brésil. Or 5 % de la population mondiale est allergique à la noix du Brésil.

La protéine n'a rien perdu de ses épitopes allergisants et se lie aux IgE spécifiques de la noix du Brésil (Moneret Vautrin, 1997). De plus, les personnes qui connaissaient leur potentiel allergique à la noix du Brésil n'ont pas pu éviter ce soja transgénique, car il ne faisait pas mention des transformations.

2.7.1.3. Origine multigénique :

L'allergénicité d'un aliment est souvent due à un grand nombre de protéines, généralement des glycoprotéines, pouvant elle-même présenter de multiples isoformes.

L'origine multigénique des allergènes alimentaires soulève, dans le cas des OGM, une question supplémentaire : le transgène inséré peut-il modifier le niveau d'expression de certaines protéines allergéniques présentes dans les lignées conventionnelles ?

Chez le soja, des chercheurs américains ont montré que l'introduction du gène codant la protéine qui confère la résistance à un herbicide, le glyphosate, ne semble pas avoir entraîné de modifications, tant qualitatives que quantitatives, dans la composition en allergènes endogènes « naturels » de différentes variétés commerciales.
Mais, la technique utilisée était relativement peu discriminante.

2.7.1.4 Transgènes d'origine bactérienne :

Pour le bénéfice de la transgénèse, ce sont souvent des gènes d'origine bactérienne qui sont employés. Et ils sont en général des protéines peu ou pas glycosylées.

Or, il est bien connu que différentes espèces bactériennes suscitent la formation d'IgE spécifiques (Moneret Vautrin, 1997). Les possibilités d'allergénicité *de novo* de ces protéines et de réactions croisées avec des protéines de bactéries à tropisme humain existent. Ce ne sont pas des allergènes fréquent ou reconnus. L'évaluation de leur éventuelle allergénicité est souvent rendue difficile du fait de l'insuffisance des données historiques, cliniques et épidémiologiques (**http://www.inra.fr/Internet/direc, f)** .

De plus, il n'existe pas de lien étroit connu entre la fonction d'une protéine et son caractère allergène éventuel, même si de nombreux allergènes sont retrouvés dans des familles telle que des enzymes, des protéines de réserves, des protéines de stress.

2.7.1.5. Méthodes de détection :

2.7.1.5.1 Sur des animaux :

Des méthodes de détection indirectes sur des animaux sont tentées mais cela est peu convaincant et efficace.

2.7.1.5.2. La présomption :

Le risque d'allergie est estimé par un faisceau de présomptions :
- ne pas provenir d'un organisme reconnu pour son allergénicité (tableau 4),
- certaines propriétés physicochimiques sont considérées comme défavorables, par exemple la stabilité à la température, aux pH (Potentiel Hydrogène) bas, aux traitements technologiques, ou encore à la résistance aux attaques par des enzymes digestives,
- par opposition, une protéine recombinante labile sera présumée présenter un risque allergénique faible ou nul surtout si son niveau d'expression reste faible (inférieur à 1% des protéines totales).

Tableau 4 : allergènes alimentaires les mieux connus (Monneret-vautrin, 1997)

Allergènes alimentaires selon la nomenclature

Source d'allergène	Dénomination	PM (kDa)
Gallus callarias (morue)	Gal c 1 ; allergène M	12
Gallus domesticus (poulet)	Gal d 1 ; ovomucoïde	28
	Gal d 2 ; ovalbumine	44
	Gal d 3 ; conalbumine (Ag 22)	78
	Gal d 4 ; lysozyme	14
Penaeus aztecus (crevette)	Pen a 1 ; tropomyosine	36
	Pen a 2	34
Brassica juncea (moutarde orientale)	Bra j 1 ; 2 S albumine	14
Hordeum vulgare (orge)	Hor v 1 ; BMAI-1	15
Sinapis alba (moutarde jaune)	Sin a 1 ; 2 S albumine	14
Glycinus max (soja)	Gly m1	34
Arachis hypogea (cacahuète)	Ara h 1	63
	Ara h 2	17
Bertholletia excelsa (noix du Brésil)	Ber e 1 ; 2 S albumine	12

Mais, ces critères n'ont pas de valeur absolue. Par exemple, la caséine qui est une protéine dégradée lors de la digestion, se révèle être un allergène aussi puissant que la *béta* lactoglobuline, protéine résistante aux protéases.

2.7.1.4.3. Critères requis :

Il est supposé que l'aptitude des allergènes alimentaires à traverser la muqueuse intestinale est une condition prérequise à l'allergénicité. Car une protéine qui résiste à l'attaque

enzymatique et au pH acide du tractus digestif a une forte chance de traverser la muqueuse intestinale lors de l'absorption (Moneret Vautrin, 1997).

Pour valider cette supposition, la stabilité digestive des protéines très allergisantes a été évaluée, comme dans la cacahuète, le soja, la moutarde, l'œuf, le lait, en comparaison aux protéines non allergènes standard décrites dans « The United States Pharmacopea ».
Pour cela, il a été utilisé des modèles *in vitro* car ils sont très appropriés.

La diminution de la valeur nutritionnelle de ces liquides a été également évaluée. Elle était due à la diminution de la digestibilité des graines. Par exemple, la phaésoline, qui est la 7S globuline d'un haricot nain, était résistante à la protéolyse par la pepsine et la trypsine *in vitro* et peux allergène or elle présente un fort potentiel allergène *in vivo* avec une forte digestibilité.

Une collaboration du Council International d'Alimentation Biotechnologique et de l'Institue d'Allergie et d'Immunologie de l'International Science de la Vie recommande d'évaluer la digestibilité des protéines comme un critère important d'allergénicité dans les plantes produites par génie génétique (Astwood et coll, 1996).

Il n'y a pas de méthode sûre d'évaluation des risques allergiques qui sont les plus difficiles à évaluer.

Il est souligné néanmoins qu'en raison :
- du peu de connaissance en matière de risques allergiques d'origine alimentaire,
- de l'augmentation de la prévalence de l'allergie,
- de la gravité possible des manifestations allergiques même si le risque est faible,

un tel risque ne saurait être pris que si le bénéfice attendu du transgène lui est très supérieur (http://www.agriculture.gouv.fr/alim/comm/fir8pogm.htm).

2.7.1.6. L'éviction :

Le meilleur moyen de ne pas présenter les symptômes d'une allergie à une protéine est l'éviction du produit. Or avec la transgénèse, de nouveaux produits dont l'allergénicité n'est pas connue, sont construits.

Plusieurs cas se sont présentés comme décrit ci-dessous.

2.7.1.6.1. Gène de source allergène :

Si le gène vient de source allergène, comme la cacahuète, ce gène code pour une **protéine allergène.**

Une banque de donnée a été recensée contenant toutes les protéines allergènes connues (Astwood et coll., 1996). Et dans ce cas, la FDA suggère un label approprié. Dans cette banque de donnée sont répertoriés tous les fragments comportant une succession de huit (ou plus) résidus d'acides aminés identiques ou chimiquement similaires. Cette approche permet d'éliminer rapidement les constructions à risques.

L'absence de séquences communes ou voisines d'une telle longueur ne constitue pas une garantie formelle d'innocuité en raison de la pauvreté d'informations disponibles dans les

banques de données où trop peu d'allergènes sont répertoriés, ainsi que le fait que de petites séquences homologues de moins de huit acides aminés peuvent se rapprocher lors du repliement de la molécule et participer à la formation de structures immunoréactives.

C'est la cas de la *beta*-globuline qui contient moins de huit acides aminés et n'est pas répertoriée comme allergène. Pourtant, elle contient des épitopes qui par réaction croisée pourraient entraîner des allergies.

2.7.1.6.2. Gène non connu comme allergène :

Il est beaucoup plus difficile de repérer une protéine venant d'un gène non connu comme allergisant, ou ne contenant pas d'acides aminés similaires aux allergènes connus car il n'existe pas de méthodes pour prospecter. Les risques d'allergie sont augmentés avec la consommation d'aliments contenant des gènes potentiellement allergènes et pas forcément reconnus. La vigilance doit être de mise.

2.7.2 Toxicité directe :

2.7.2.1. Exemple d'un gène de résistance à un herbicide :

Le problème est de savoir si par exemple le gène de résistance à un herbicide introduit dans de nombreuses plantes transgéniques cause une toxicité directe lors de l'ingestion d'une plante transgénique résistante à cet herbicide (**http://www.inra.fr/Internet/direc**, f).

Le produit de ce gène se transforme en métabolites primaires dans la plante, puis se combine avec des sucres pour conduire à un conjugué, le métabolite secondaire.
Il est également observé la formation de dérivés solidement accrochés aux fibres végétales, encore qualifiés de résidus non extractibles. Tous ces dérivés ont perdu à degrés divers leur pouvoir herbicide. En même temps, leur toxicité pour l'animal tend à diminuer, mais la digestion du conjugué peut le convertir à nouveaux en métabolites primaires.

De plus, il se déplace dans la plante exactement comme les produits de la photosynthèse, c'est-à-dire qu'il se dirige vers les zones en croissance et les organes de réserve, par exemple les tubercules. Il peut donc s'accumuler dans les récoltes. Il contient une liaison covalente carbone-phosphore que les plantes sont incapables de scinder, le métabolite s'accumule donc irréversiblement. Le composé étant peux toxique, ce n'est pas très grave, mais il faudrait une évaluation plus poussée pour être sûr de cette affirmation (http://www.inra.fr/Internet/direc, f).

Une plante modifiée peut contenir de hauts niveaux de toxines non attendues, ceci par deux mécanismes :
- amplification des taux normaux par le lancement de la transcription et la traduction du gène toxique,
- des gènes toxiques normalement inactifs peuvent être exprimés dans la plante modifiée, lors de l'insertion du nouveau matériel génétique

(http://www.biointegrity.org/FDA.docs/O2/view1.html).

Un point important à prendre en compte est que la plante ne métabolise pas, ni ne détoxifie l'herbicide. Celui-ci peut éventuellement s'accumuler dans les récoltes. Et comme la plante cultivée est tolérante à l'herbicide, l'agriculteur répand une plus grande quantité d'herbicide dans son champ que la plante accumule. Lors de l'ingestion de l'aliment, le consommateur

avale donc aussi de l'herbicide. Qu'en est-il de la toxicité directe dans l'organisme ? Perosonne ne sait car il n'y a pas d'étude sur le sujet.

2.7.2.2. Evaluation des risques :

2.7.2.2.1. Equivalence en substance :

L'OGM est comparé avec sa variété équivalente non transformée :
- l'ADN introduit,
- les caractéristiques phénotypiques et agronomiques habituellement évaluées par l'inscription au catalogue,
- la composition chimique,

a) Si il n'y a aucune différence, l'OGM ne s 'exprime pas dans la partie comestible, et il y a équivalence en substance,

b) Si l'équivalence est montrée sauf pour les protéines codées par les gènes introduits ou les composés qui résultent de leur action, alors l'innocuité de ces produits de dégradation doit être montrée. Les effets indésirables doivent être évalués (Roynchapel-Messaï, 1997).

c) Si le gène introduit code pour un caractère modifiant la composition des produits de la plante destinée à l'alimentation, alors il n'y a pas d'équivalence et le raisonnement se fait au cas par cas. Une évaluation supplémentaire est réalisée, ce sera une étude analytique voire toxicologique (confédération française des semenciers, 1997).

L'OGM n'est plus équivalent à un aliment ou ingrédient alimentaire existant. En effet, un nouvel aliment ou ingrédient alimentaire est réputé ne plus être équivalent si une évaluation scientifique fondée sur une analyse appropriée des données existantes peut démontrer que les caractéristiques évaluées diffèrent de celles d'un aliment ou ingrédient alimentaire classique.

2.7.2.2.2. Evaluation toxicologique :

Pour l'étude toxicologique, Les scientifiques utilisent soit des méthodes chimiques et biochimiques, soit des essais toxicologiques.

Les méthodes chimiques et biochimiques ont une forte sensibilité pour détecter le niveau d'une toxine, mais pour les quantifier il faut les extraire et les purifier. La purification permet la détection d'un composant tandis que les autres sont détruits.

De plus, les procédures sont connues seulement pour les composés les plus fréquents (http://www.biointegrity.org/FDA.docs/O2/view1.html).

Les bioessais toxicologiques peuvent être utilisés pour détecter les toxiques attendus et non (http://www.biointegrity.org/FDA.docs/O2/view1.html).

2.7.2.3. Quelques améliorations :

Il faut tout d'abord connaître les transformations en métabolites primaires et secondaires, leur localisation, leur évacuation éventuelle et leur toxicité sur l'homme. En ce moment, c'est le travail de recherche de l'équipe de xénobiochimie végétale du laboratoire des xénobiotiques

de l'INRA de Toulouse. Pour faire un dossier d'homologation, les industriels font des études mais cela reste confidentiel.

Alors, un gène de métabolisation bactérien peut être introduit qui redirigera la métabolisation vers de nouvelles voies (http://www.ecoropa.org/rio2.html, 1998).

Pour le glyfosinate, une enzyme bactérienne de métabolisation est introduite Cela permet de ralentir le processus de métabolisation par les plantes de ce produit car l'enzyme détourne le métabolite vers une autre voie. Il y a aussi accumulation par la plante d'un métabolite unique non dégradable, peu dangereux, mais qu'elle ne peut pas évacuer.

D'après Vivyan Howard, toxicologiste à l'université de Liverpool, il sera très difficile de vérifier si l'homme est effectivement victime d'éventuels effets néfastes des aliments trangéniques . Les premiers signes n'apparaîtront peut être qu'au bout de vingt ou trente ans. Et comme les populations auront été touchées, il sera impossible de faire des comparaisons. « Il s'agit d'une expérience sans garde fous. » (Anonyme, 1999, c).

3. Les consommateurs

3. Les consommateurs

3.1. L'opinion des européens :

3.1.1. L'attitude du mangeur :

3.1.1.1. Les modifications rapides de l'offre alimentaire :

Sur des marchés alimentaires arrivés à maturité, les industriels développent des stratégies de différentiation notamment par l'innovation.

Il s'agit le plus souvent de déclinaisons de gammes (composition, caractéristiques organoleptiques...) et de modifications des emballages. Ces innovations incrémentales ne sont pas toujours très perceptibles par les mangeurs, mais c'est leur nombre croissant et la communication qui attire l'attention sur la nouveauté (« **produit nouveau** ») et peuvent donner l'impression d'une modification importante de l'offre (Lalhous, 1995). De plus, avec le développement des connaissances biologiques, l'ère de la conservation et de la transformation des aliments (séchage, salage, fumage, stérilisation, surgélation) est relayée par celle de la création d'aliments.

Deux axes d'innovation alimentaire se sont ainsi développés par extraction des constituants de plusieurs sources et recomposition (ex : surimi) et plus récemment par le génie génétique avec les OGM. (Lambert, 1996).

Ces évolutions des contextes technico-économiques de la fin du 2ème millénaire ont ainsi entraîné des modifications des perceptions, des représentations des produits chez les mangeurs (Fischer,1990).

3.1.1.2.L'attitude prudente de l'omnivore :

Les nouveaux produits attisent la curiosité d'une partie des mangeurs, mais la méfiance est également très répandue.

Une enquête française a été effectuée mais pas sur un échantillon représentatif. Les pourcentages doivent donc être relativisés, mais confirment de nombreuses autres observations sur le caractère plutôt néophobe de nombreux mangeurs (Fischer, 1996).

Le degré de méfiance est très lié au niveau de connaissances des mangeurs aussi bien sur les produits que sur les technologies utilisées. Tant que les produits ne sont pas connus, les mangeurs conservent une attitude de prudence, de suspicion qui peut aller jusqu'à l'aversion.

La persistance de la méfiance vis à vis des procédés les plus anciens comme la conserve et la surgélation montre bien l'importance de la néophobie dans le domaine alimentaire.

Du système international complexe de production et de distribution alimentaire, les mangeurs ne connaissent que les éléments terminaux : les lieux de distribution et les produits. Tout le reste est une véritable boîte noire. Cette méconnaissance du système et des produits qui en proviennent est sans doute à l'origine d'une bonne part de la montée de l'anxiété alimentaire constatée depuis 10 ans dans les pays industrialisés.

Comme Fischer l'a bien démontré en 1993, la méconnaissance et donc la nouveauté entraînent la méfiance ou l'attirance du mangeur omnivore vis à vis de ce qu'il appelle les OCNI (Objets Comestibles Non Identifiés). Et ceci concerne à la fois les produits (tableau 4) , les procédés de fabrication (tableau 5) et les lieux d'achats (tableau 6).

Tableau 4 : Attitude vis à vis des nouveaux produits alimentaires (en % d'enquêtés) :

j'ai peur que ça me rende malade	1
je me méfie, j'attends que les autres y goûtent	10
je me méfie, je lis la composition sur l'emballage	19
je me méfie, je vais essayer de me renseigner	10
je suis curieux (se), j'ai envie d'essayer	41
je fais confiance si c'est une marque que je connais	17
autres	2

Source : ENITIAA - Enquête 1994 « Les représentations des produits alimentaires ».

Tableau 5 : Degré de connaissance et de méfiance vis-à-vis des procédés de fabrication (en % d'enquêtés) :

	Procédé connu	Inspirant de la méfiance
Conserve	92	17
Stérilisation	90	7
UHT	88	4
Surgélation	90	23
Lyophilisation	72	21
Ionisation	20	44
Irradiation	25	57

Source : ENITIAA - Enquête 1994 « Les représentations des produits alimentaires ».

Tableau 6 : Opinion sur les fast-foood (en % d'enquêtés) :

c'est une horreur, je n'y mettrai jamais les pieds	24
c'est pratique en dépannage	51
c'est sympa	11
c'est bon	2
c'est pas cher	3
autres	9

Source : ENITIAA - Enquête 1994 « Les représentations des produits alimentaires ».

3.1.1.3. La nécessité biologique de la variété mais pas de l'innovation (figure 13):

Les historiens rappellent que les habitudes alimentaires se modifient très lentement, même dans la situation de disponibilités alimentaires importantes et variées (Flandrain et Montanari, 1996)

Fischler (1990) explique que cette lenteur provient du « paradoxe de l'omnivore ». Son argumentation est la suivante : « l'omnivore a la faculté inappréciable de pouvoir subsister à des changements de son environnement... Mais à cette liberté, en même temps, s'associent de la dépendance et de la contrainte : celles de la variété... L'homme a absolument besoin d'un minimum de variété...Parce qu'il est dépendant de la variété, l'omnivore est poussé à la diversification, à l'innovation, à l'exploration, au changement, qui peuvent être pour lui vitaux ».
D'autre part et simultanément, il est contraint à la prudence, à la méfiance, au « conservatisme alimentaire » : tout aliment nouveau, inconnu, est en effet un danger potentiel. Le paradoxe de l'omnivore se situe dans le tiraillement, l'oscillation entre ces deux pôles, celui de la néophobie (prudence, crainte de l'inconnu, résistance à l'innovation) et celui de la néophilie (tendance à l'exploration, besoin du changement, de la nouveauté, de la variété).

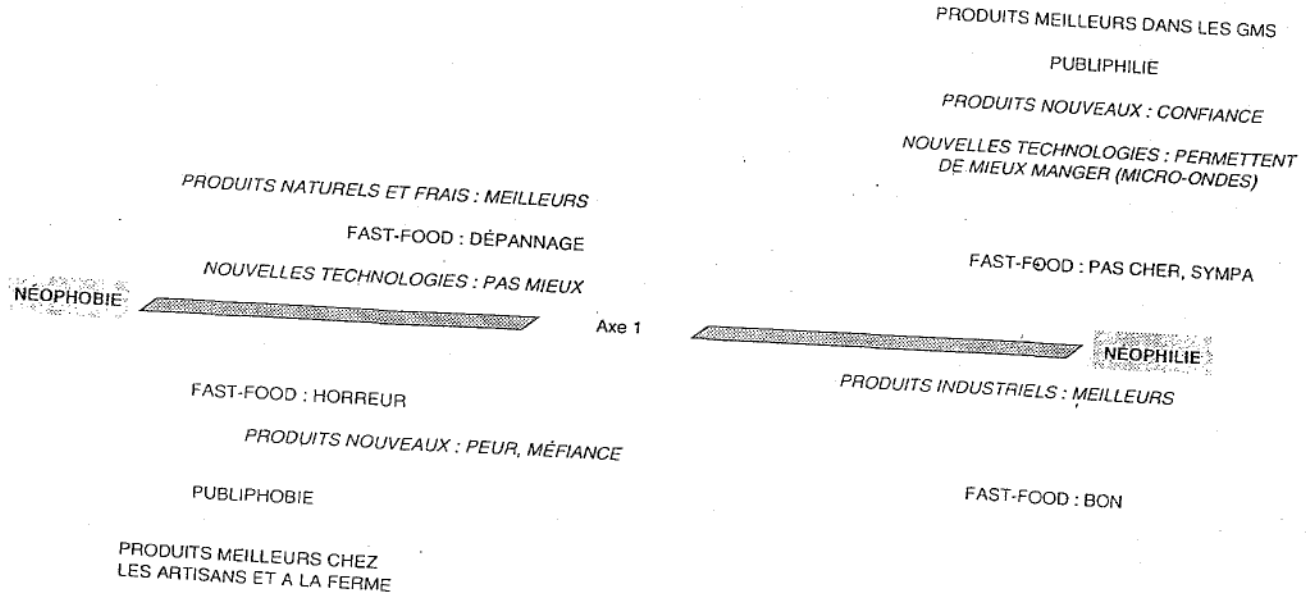


Figure 13 : Néophobie-néophilie (ENITIAA, 1994) :

Au stade actuel du développement des disponibilités, les mangeurs ne sont plus contraints pour leur survie à l'exploration de l'innovation, à la néophilie. La contrainte de variété ne peut plus être assimilée au besoin –liberté d'innovation.

Il n'y aurait donc plus véritablement de paradoxe de l'omnivore. Les mangeurs sont donc plutôt partagés entre la néophobie et la variophilie.

3.1.1.4. La qualité :

A l'échelle de l'évolution , la période depuis le début de laquelle une partie de l'humanité a acquis une sécurité alimentaire n'est selon l'expression consacrée, qu'un battement de cils. Et c'est à l'intérieur de ce laps de temps, depuis 40 ou 50 ans, que se développe une dimension

plus qualitative de la préoccupation alimentaire : la question moderne n'est plus « que mangerons nous demain ? » mais « que choisir ? » (Fischer, 1996). Cette évolution tient à l'évolution de la société dans sa composition et à celle des modes de vie (Fischer, 1996).

La demande sociale forte et anxieuse d'une information nutritionnelle, les interventions et influences économiques de toutes natures, tout cela entretient une pression constante sur la recherche. L'espoir tend à se porter vers une alliance entre science et Etat pour indiquer et garantir à tous cette « bonne alimentation » dont la définition est tant recherchée.

Mais cet espoir est constamment déçu, car il est presque impossible de traduire immédiatement la recherche en prescription de santé publique dans le domaine de l'alimentation. Il est impossible, pour l'instant, de remplacer complètement les anciennes règles culturelles, religieuses, traditionnelles par du savoir scientifique. Cette déception ne fait qu'accroître le sentiment d'incertitude et l'inquiétude des mangeurs et favorise les manifestations les plus intenses d'un **néo-moralisme** alimentaire (Fischer, 1996).

3.1.2. La connaissance objective des européens :

La connaissance « objective » moyenne de la biotechnologie qu'ont les européens est de 4.95/10, elle se situe donc exactement à la moyenne (Annexes 1). Ce qui veut dire que, de manière globale, les citoyens européens ont une connaissance sur le domaine de la biotechnologie qui est moyenne par rapport à une très bonne connaissance du sujet.

Cet indice a une utilité directe en mettant en évidence un manque de connaissance de la biotechnologie moderne. De plus, il permet d'expliquer la variable dans l'analyse des opinions et des jugements en matière de biotechnologie moderne. Ceci dépend du niveau d'instruction scolaire, du leadership d'opinion, de la religiosité, l'âge et le sexe respectivement par ordre décroissant d'importance (Annexes 1).

D'après les résultats de l'eurobaromètre 46.1, représentés en annexe 1, deux résultats sont particulièrement intéressants :

- si le lien est fait entre la connaissance objective et l'optimisme à son égard, l'optimisme est alors une fonction positive de la connaissance objective. Mais cette relation n'est pas si simple car il y a aussi une augmentation du nombre de pessimistes. Autrement dit, avoir plus de connaissances n'implique pas nécessairement être plus optimiste quant aux effets attendus de la biotechnologie moderne. Par contre la cristallisation des attitudes augmente avec le niveau de connaissance,

- le second résultat est que, sans surprise, la connaissance objective est très nettement liée au fait que la personne ait ou non entendu parler de biotechnologies au cours des trois derniers mois et le fait d'en avoir discuté avec quelqu'un.

3.1.3. Rapport consommateurs /biotechnologies :

3.1.3.1. Climat actuel :

De manière générale, le terme biotechnologie suscite des associations plutôt négatives ; à peine plus d'un consommateur sur cinq adhère à l'idée d'acheter des produits élaborés à l'aide de ces méthodes. Ce terme est encore mal compris (CREDOC, 1995).

Mais, dans l'ensemble, les européens sont plutôt optimistes en ce qui concerne le développement des biotechnologies, en soulignant les conséquences positives de certaines de ces recherches, mais mettent aussi en garde contre les risques possibles de celle-ci (Annexes 1).

Tableau 7 : « Pensez-vous acheter dans le futur des produits alimentaires élaborés à l'aide de biotechnologies », CREDOC, 1995 :

Pensez-vous acheter dans le futur des produits alimentaires élaborés à l'aide de biotechnologies (c'est-à-dire à l'aide de micro-organismes sélectionnés) ?

- Oui, certainement	3,9 %
- Oui, peut-être	17,6 %
Sous total oui	21,5 %
- Non, probablement pas	15,1 %
- Non, sûrement pas	45,6 %
Sous total non	60,7 %
- NSP	17,7 %

Ils mettent une distance entre les biotechnologies utilisées dans le cadre de la médecine, l'industrie, les avancées scientifiques et l'alimentation (Tableau 7).

En ce qui concerne les aliments transgéniques, ils sont plutôt inquiets.

Seulement 28% des européens pensent que les citoyens doivent accepter certains risques résultant de la biotechnologie moderne si cela augmente la compétitivité économique en Europe et 56% ont un avis opposé (Annexes 1).

Au plus 3 européens sur 10 seraient prêts à acheter des fruits génétiquement modifiés s'ils avaient meilleur goût (Annexes 1).

Il faut dire que le débat sur les plantes génétiquement modifiées intervient après les affaires de la vache folle et du sang contaminé en France. Alors l'opinion des français en particulier, et des européens de manière générale à ce propos est très dure, dans un climat où ils ne peuvent plus faire confiance aux politiques, suite à ces événements.

Le manque d'information objective sur ce sujet pour les citoyens et le climat d'incertitude entretenue par l'affaire du sang contaminé et l'affaire de la vache folle, amène à une appréhension compréhensible.

3.1.3.2. Le début de la crise :

Le début de la crise de panique, en Europe, s'est révélée avec l'affirmation à la télévision, lors d'une émission le 10 /08/1998 d'Arpad Pustaï, 68 ans, que des souris nourries avec des aliments transgéniques souffraient de problèmes immunitaires graves. Il dénonçait aussi le fait que les industriels de l'agroalimentaire refusent de dévoiler les données de leur essais en champs (Anonyme, 1999, c).

C'est lui le premier qui a annoncé la possible nocivité des aliments transgéniques (Gavazhan, 1999).

De manière générale, les français voient pas arriver d'un bon œil les OGM.

Source : Gavazhan, 1999

Ces perceptions sont aussi très influencées par la situation de crise et l'augmentation du chômage, d'où un rejet général des nouvelles technologies (Algoud et Benoit Joly., 1995).

« Le dossier des OGM est venu dans un contexte défavorable », analyse Bernard Courtial, responsable marketing de Novartis Seeds. Selon lui, les consommateurs font pression mais seuls 5 à 10% sont réellement contre (Baudin,1997).

Les OGM opèrent donc un échec spectaculaire au niveau de l'opinion publique. Ceci en partie car il a mal été compris que les consommateurs veulent faire leur choix, faute de quoi ils deviennent soupçonneux et cèdent à la peur (Anonyme, 1999 c).

3.1.3.3. Démarche des industriels :

Il faut dire que la démarche des industries agroalimentaires dans ce domaine est peu convaincante. Pour eux, ce sont les agriculteurs qu'il faut convaincre avant tout, car quand tous cultiveront de l'OGM, il n'y aura plus le choix entre transgénique ou non sur l'étale du supermarché, la question ne se posera plus de la même manière.

Monsanto développe alors une stratégie de terrain : aller à la rencontre des agriculteurs (Baudin,1997).

Celui-ci signe un contrat avec la firme : elle lui fournit la semence, les produits de traitement qui vont avec, un cahier des charges à respecter pour la culture et lui assure de lui acheter la production (http://www.inra.fr/Internet/Direc…., d). Si l'agriculteur garde une partie des semences pour l'année d'après, ce qui se fait de manière traditionnelle, ou alors s'il en cède à son voisin, la firme peut le poursuivre en justice (Berclan et Lercontin, 1998). L'agriculture risque d'être de moins en moins artisanale et de plus en plus industrielle. L'agriculteur sera

d'avantage lié à l'agro-industrie. Par exemple, l'industrie agroalimentaire lui vendra le « pack » plante transgénique résistante à un herbicide et son herbicide associé.

Ce climat de dépendance de l'agriculteur vis à vis de la firme n'attire pas tellement la confiance des européens. Ceux-ci comprennent que les industries ont mis leur efforts dans la recherche de ces nouveaux aliments car ils pourraient ainsi contrôler de manière plus aisée l'agriculteur en particulier, et l'alimentation en général.

D'autant plus que le génie génétique représente de gros enjeux économiques et financiers et se développe dans un climat de compétition exacerbée. En terme commercial, à l'horizon 2005, le marché des biotechnologies en Europe est estimé à 250 milliards d'euros.

L'enjeux est donc de taille. Ceci est sans compter les nouveaux débouchés mondiaux, comme l'Amérique latine, la Chine, la Thaïlande, le Japon, l'Australie, l'Afrique du Sud . « Il sera difficile pour la France et l'Europe de vivre dans un mode à part », selon Tom Urban, directeur développement chez Pionner France Maïs (Baudin, 1997).

Les semenciers et obtenteurs nient tout risque écologique, insistant sur la nécessité pour eux d'être compétitifs sur le marché mondial (Philipon, 1997, c).
De ce fait, ils ont lancé une campagne de propagande destinée à redresser l'image de l'entreprise et à rassurer le consommateur.
Les industries agroalimentaires persuadent les régulateurs que leurs produits sont sains (Wadman, 1996).

Les recherches en matière de biotechnologies sont effectuées principalement par de grandes firmes privées qui visent les marchés solvables et sont pour l'instant largement tournées vers les marchés des pays riches. Ceci n'attire pas l'attention du consommateur (http://www.inra.fr/Internet/Direc…., d).

Ceci encore plus après la déclaration de M. Phil Angel, directeur de la communication chez Monsanto : « **Nous n'avons pas à garantir la sécurité des produits alimentaires génétiquement modifiés. Notre intérêt est d'en produire le plus possible. C'est à la FDA (l'instance publique de contrôle) de veiller à sa sécurité** », propos rapportés par Michael Billan dans « Playing god in the garden » et repris dans un article de Jean Pierre Berlan et Richard Lewontin en 1998.

Plusieurs questions restent sans réponses, le doute s'installe, surtout en Europe.

3.1.4. Réactions des consommateurs :

L'opinion des citoyens est très différente d'un pays à l'autre.

3. 1.4.1. En France :

Tout d'abord, il y a eu un refus massif de l'importation des cultures américaines transgéniques. Puis les européens ont freiné l'implantation de culture à grande échelle d' OGM : Autrement dit, en France, il existe des plants de semis modifiés, mais ceux-ci sont utilisés seulement pour la recherche. Il n'existe pas encore actuellement de culture à grande échelle. Ceci car l'opinion publique s'est montrée fortement opposée à l'entrée en force des semences transgéniques.

Les français ont une opinion très tranchée sur ce domaine, ce qui n'est pas le cas aux USA ou au Japon (Confédération française des semenciers, 1997).

3.1.4.2. En Autriche :

Les autrichiens sont fermement opposés à l'entrée dans leur territoire de semences ou produits transgéniques. Ils se sont opposés à l'entrée des grains de maïs Ciba (Philipon, 1997 b).

3.1.4.3. Au Japon :

Selon une étude effectuée en 1995 auprès de 1010 personnes au Japon : « 93% des **japonais** estiment qu'ils bénéficieront des progrès issus des biotechnologies dans les cinq ans à venir » et 87% se déclarent en faveur de l'usage des biotechnologies dans l'amélioration des plantes.

3.1.4.4. Aux Etats Unis :

Aux Etats Unis, la population a commencé a consommer des plantes transgéniques en 1994, et les américains en consomment depuis cette date en toute quiétude.

Alors, l'opinion **américaine** est plus nuancée qu'en Europe car :

- les américains paraissent simplement plus positifs par rapport aux technologies en général, et plus désireux d'accepter sa version biologique,
- l'Amérique laisse son agriculture profonde séparée de son jeux rural, alors les effets des OGM peuvent être moins intense sur l'environnement,
- les américains ont une motivation économique plus grande que les européens,
- les américains ont peut être déjà fait leur paix avec les OGM après avoir débattu de leur régulation au début des années 90,
- les américains ont convertis 55% de la production de soja en OGM, 50% de de celle du coton et 40% de son maïs depuis 1996 (Anonyme, 1999 d).

3.1.4.5. en Suisse :

En **Suisse**, la population est engagée dans un long processus démocratique sur l'avenir des biotechnologies. Débats au parlement, controverses télévisées et radiophonique, discussions publiques organisées par les universités, les ONG (Organisation Non Gouvernementales) ou les médecins se sont succédés jusqu'en juin 1998. A cette date, les Suisses ont dû se prononcer par référendum sur les propositions intitulées « Pour la protection de la vie et de l'environnement contre les manipulations génétiques » et soutenue par 70 associations (Pimbert, 1997). De manière général, les suisses sont inquiets de voir arriver dans leur assiettes les OGM.

3.1.4.6. Un débat planétaire :

Le débat est donc planétaire, avec trois camps grossièrement (Figure 14) :

- les très pour, emmenés par les Etats Unis, l'Argentine, l'Australie, le Canada, le Mexique, le Brésil. L'Argentine et le Canada sont particulièrement opposés à ce que soit indiqué

quels sont les produits contenant des OGM (ce qui permettrait au consommateur de les identifier), arguant un surcoût de manipulation, de stockage et de transport de 20%,

- à l'opposé, les pays d'Afrique, la Malaisie et certains pays d'Amérique Latine, demandent que soit appliqué le Principe de Précaution. Cela supposerait que les produits transgéniques soient déclarés coupables tant qu'ils n'ont pas prouvé leur innocence,

- au milieu, l'Union Européenne, qui souhaite prendre en considération l'inquiétude grandissante du public, se réserve le droit d'interdire l'importation de certains produits, mais souhaite par ailleurs pouvoir exporter ses propres OGM dans un futur proche (Anonyme, 1999 c)....

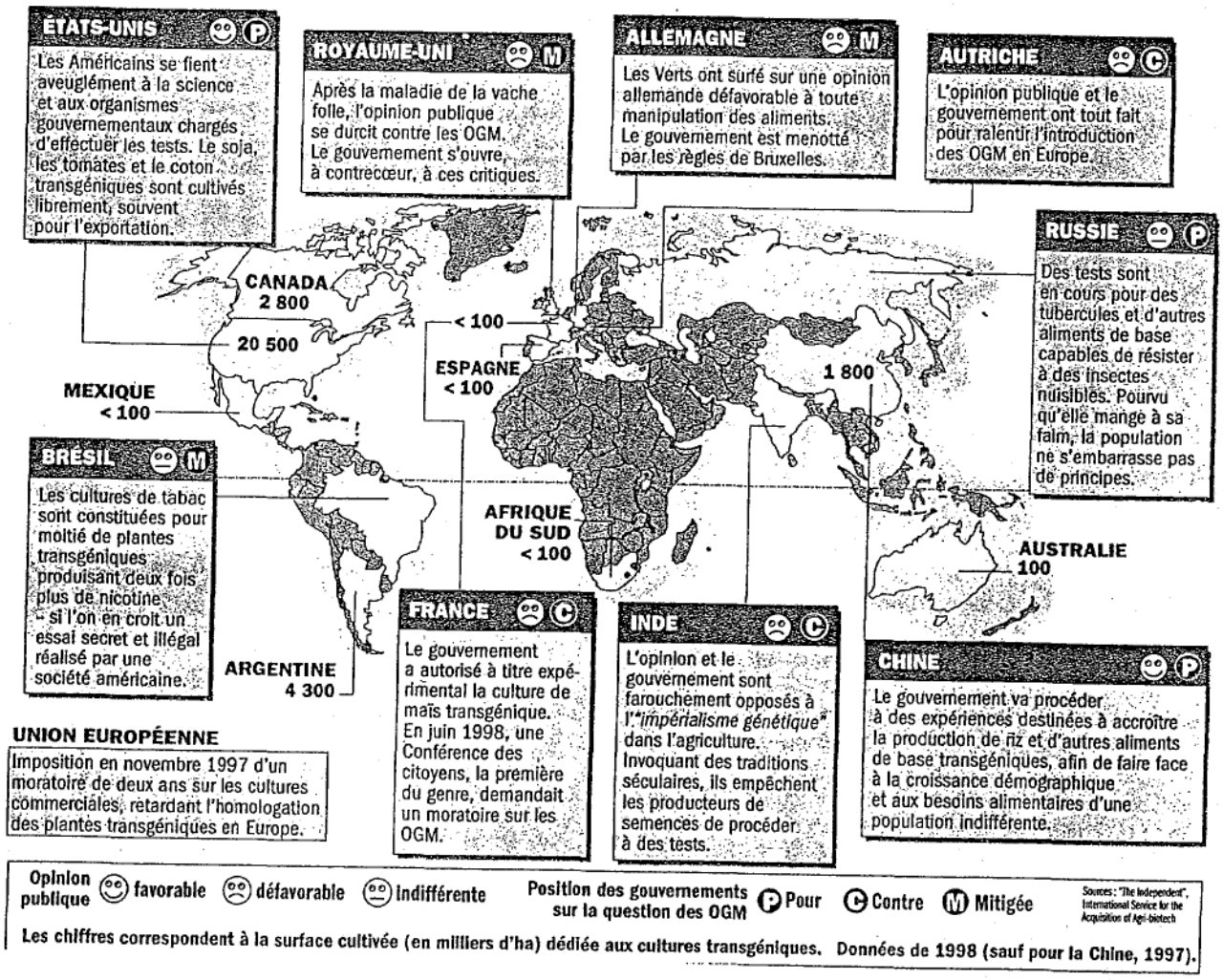


Figure 14 : Les opinions dans le monde (Anonyme, 1999 c) :

3.2. L'information :

3.2.1. En Europe :

3.2.1.1. Le droit à l'information :

Le droit pour toute personne d'être informée sur les effets de la dissémination volontaire pour la santé publique ou l'environnement a été défini par la loi n°92-654 du 13/07/1992 relative au contrôle de l'utilisation et de la dissémination des OGM.

L'application de ce droit est réglementée par le décret en conseil d'état n° 93-177 du 18/10/1993 relatif aux plantes et semences génétiquement modifiées, puis progressivement précisé par les avis de la Commission d'Accès aux Administratifs (CADA).

Selon la Loi n° 92-654 : « Toute personne a le droit d'être informée sur les effets que la dissémination volontaire peut avoir pour la santé publique ou l'environnement, dans le respect de la confidentialité des informations protégées par la loi ».

Le décret du 18/10/93 prévoit qu' « une Fiche d'Information destinée au Public » (FIP) doit obligatoirement figurer parmi les éléments du dossier de demande d'autorisation d'essais de dissémination ».

Le ministère de l'agriculture et de la pêche peut communiquer les rapports d'études et rapports d'activité disponibles, qui établissent annuellement la liste de tous les dossiers, leurs caractéristiques et la localisation commune par commune de chacun des essais. L'objectif est d'informer les riverains de l'implantation des essais. Certaines parties du dossiers peuvent être occultées, ceci se fera au cas par cas», (http://www.agriculture.gouv.fr/alim/part/cna.html, 1997 d).

3.2.1.2. Notoriété et source d'information :

Un européen sur deux a entendu parler de la biotechnologie moderne au cours de ces trois derniers mois, un pourcentage que l'on peut qualifier d'assez élevé par rapport aux autres sujets de complexité similaire (Annexes 1).

Un explication peut être apportée par la controverse relayée par les médias autour du soja américain transgénique et la campagne organisée par de nombreuses associations écologistes.
La notoriété des biotechnologies modernes varie beaucoup selon le pays.
Ce sont les autrichiens et les finlandais qui sont les plus nombreux à en avoir entendu parler.

3.2.1.3. Fiabilité de l'information :

Les organisations de consommateurs sont de loin, la source d'information en laquelle les Européens ont le plus confiance en matière de biotechnologie. Viennent ensuite les organisations de protection de l'environnement et loin derrière, l'école ou l'université. Toutes les autres sources d'informations recueillent moins de 10% des suffrages (Annexes 1).

L'industrie, les organisations politiques et les syndicats sont jugés comme étant les moins fiables en matière d'information sur la biotechnologie moderne.

L'information passe donc surtout par les médias.

3.2.1.4. Mission de la presse :

La presse a rarement relayé l'actualité des biotechnologies.

Des applications grands public des biotechnologies modernes se sont développées depuis 1975 (date du début de la demande de moratoire sur la recherche annoncées par les scientifiques à Assilomar en Californie), sans que les médias en parlent en France.

Quelques articles dans la presse de vulgarisation scientifique, ou dans les journaux dits d'élite ont bien entendu signalé les évolutions du domaine, mais le débat public était peu étendu, avec peu d'échos dans la presse populaire ou les journaux télévisés.

Par exemple, l'Office Parlementaire des Choix Scientifiques et Techniques (OPCST) a organisé des auditions publiques d'experts ouvertes à la presse le 27 et 28 mai 1998. Et la presse en a peu rendu compte. Il a fallu attendre des événements tels que le clonage de la brebis Dolly (qui ne relevait pas à strictement parler des techniques de modification génétique, mais qui a souvent été assimilé dans l'esprit du public), ou la décision d'interdire la culture du maïs... pour médiatiser l'information.

« Les formules chocs, les images qui frappent, les mots qui affolent, bien souvent à dessein, les publics pressés, peu enclins à la réflexion, en tout cas, peu disposé à apprendre et à remettre en cause ce qu'ils croient savoir » (confédération française des semenciers, 1997).

Aujourd'hui, les médias relatent beaucoup d'informations sur les OGM, et surtout de manière négative. Par exemple, The Daily Telegraph ou le Daily mail, qui sont très populaires, ont faussement prétendu que le gouvernement supprimait les rapports sur les risques des OGM.

La question posée est alors : Est ce que la transgénèse doit rester confinée au milieu scientifique car elle est trop compliquée, ou bien est ce que les citoyens ont le droit de savoir ?

3.2.2. Aux Etats Unis :

Entre 1984 et 1991, l'opinion publique était la même en Europe et aux USA. Puis les européens sont devenus plus timorés. Ceci est du en partie à la couverture par les médias qui est plus grande en Europe qu'aux USA (Gaskell et coll, 1999)

Aux USA, les OGM sont banalisés autant par la mésinformation, le non étiquetage que par la procédure des agréments qui est la même que pour les produits ordinaires (Guyau, 1997).

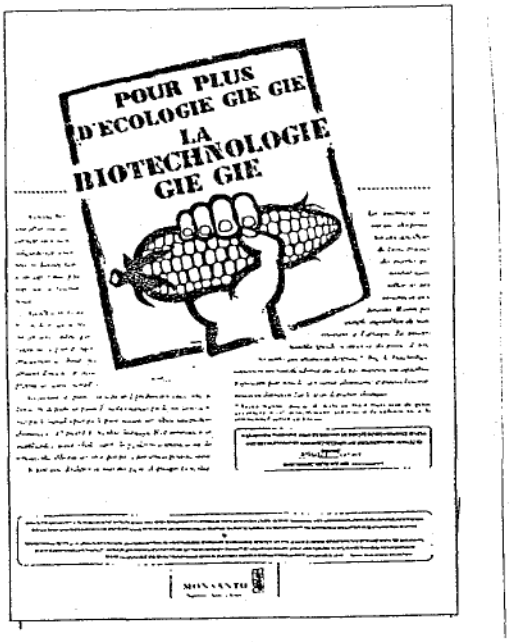
3.2.3. La presse se positionne :

Une des raisons du fort positionnement de la presse contre les OGM peut être de transformer la routine en événements dramatiques et en faire un scandale (Massod, 1999).

Il y a une pression contre les OGM menée par la presse, mais aussi les journaux télévisés et des groupes d'activistes et de consommateurs. Ceci influence beaucoup l'opinion publique

(Gavazhan, 1998, a). La presse écrite et les journaux télévisés multiplient les attaques sur les aliments à base d'OGM, mais ne sont pas toujours bien documentés (Gorvazhan, 1998, b).

3.2.4. Campagnes d'information :



Alors d'un côté, l'opinion publique est influencée par une presse naturellement portée contre l'utilisation des OGM en pratique agricole et de l'autre, par un déferlement comme entre 1997 et 1998 d'une campagne d'information subventionnée par les grands de l'agro-alimentaire pour améliorer l'opinion sur la transgénèse (Massod, 1999).

Source : Philipon, 1997 b

Les grandes industries agroalimentaires, devant les refus de plus en plus croissant de l'OGM par la population européenne ont donc lancé une grande campagne de vulgarisation des biotechnologies (comme ci-dessus). Toutes sortes de revues et hebdomadaires, d'actualité, ou de mode, en passant par les revues de cuisine, ont donc consacré, pendant une période, une page aux bienfaits des biotechnologies.

Ceci était dans le but de redresser l'image de l'entreprise et de rassurer le consommateur. En 1998, une tranche de 1.6 milliard de dollars était réservée à ce type de communication au Royaume Unis. Monsanto finance aussi l'association américaine des cultivateurs de soja, qui envoie des délégués dans le monde entier pour apaiser les craintes des consommateurs.

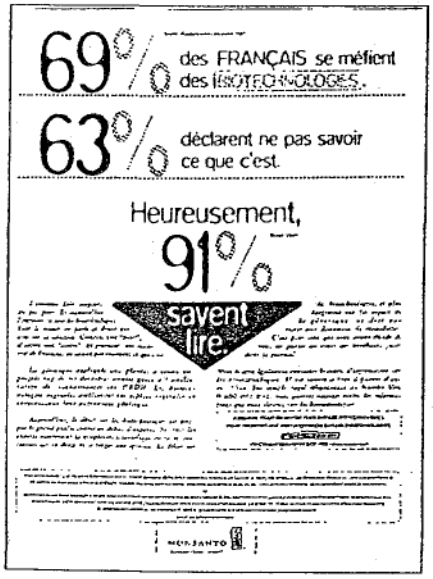
De plus, encore en 1998, l'entreprise a publié un « Rapport sur le développement durable » qu'elle diffuse actuellement parmi les associations de défense des consommateurs et de protection de l'environnement. Les autres industries pratiquent à peu près les mêmes méthodes (Anonyme, 1998, c).

Monsanto, Novartis et Rhône Poulenc sont intervenus avec des moyens très importants : sept pages pleines pour Monsanto du 8 au 19 juin 1998 (donc juste avant la conférence des citoyens...) dans le journal le Monde.

Cette débauche publicitaire à suscité l'ire des quatorze citoyens qui allaient participer à cette conférence et qui ont eu l'impression qu'on cherchait à les influencer (Cheveigné, 1998).

Des lecteurs du Monde ont également protesté : « je voudrais voir quelques pages réservées à une contre-publicité mais qui paiera ? » réclame une lectrice. Est il normal que les semenciers puissent ainsi peser sur le débat démocratique sans que les scientifiques et les associations qui soulèvent des incertitudes sur les risques liés aux OGM , puissent bénéficier pour des raisons financières évidentes, des mêmes moyens » (Anonyme, 1998 d).

Ils ont été choqués par la disparité des moyens, ceux des grandes compagnies étant très supérieurs à ceux dont disposent les opposants aux biotechnologies.



Source : Philipon, 1997 b

Selon Suzanne Cheveigné, qui est responsable de l'équipe française de l'action concertée Biotech-Public européen-CNRS, les grandes compagnies ont pendant des années préféré parler le moins possible de leurs activités dans le domaine des biotechnologies modernes par crainte des réactions négatives (Cheveigné, 1998 b).

3.2.5. La CGB (Commission de Génie Biomoléculaire):

La campagne d'information lancée par les industries n'est pas plus objective que la presse. Alors, malgré les informations aujourd'hui disponibles et aisément accessibles, le public semble insuffisamment informé sur les OGM et les biotechnologies, de manière générale. De plus, les experts semblent ne pas comprendre souvent les préoccupations du public.

La CGB essaie d'améliorer la compréhension des biotechnologies par le public en utilisant par exemple les réflexions des consommateurs (Cheveigné, 1998 b,). Elle fournit aussi des informations aux experts et aux décideurs au sujet des préoccupations et des attitudes du public. Elle a lancé en 1996 un sondage d'opinion européen pour avoir un reflet de l'opinion publique.

De manière générale, les européens ont donc une opinion négative en ce qui concerne les OGM (Annexes 2).

3. 3. Les actions menées :

Il y a plus de 85% des consommateurs européens qui éviteraient de consommer des OGM si on leur donnait le choix (Wadman, 1996).

Ces nouveaux risques infimes sont jugés inacceptables par la majorité des consommateurs qui croulent déjà sous une offre pléthorique de produits alimentaires. Ils protestent et pour la première fois décident d'aller au devant des choses et de lutter contre la venue sur les marchés d'aliments contenant des OGM.

3.3.1. Au niveau de la réglementation :

3.3.1.1. L'étiquetage :

Seuls 18% des européens sont plutôt d'accord qu'il ne sert à rien à rien de mettre des étiquettes spéciales sur les produits alimentaires modifiés génétiquement. La très grande majorité d'entre eux (74%) est plutôt d'avis qu'il faudrait étiqueter les produits (Annexes 1). Devant la menace de l'étiquetage, beaucoup de fabricants d'aliments ont reculé. Début 1999, Nestlé et Danone ont annoncé qu'ils modifiaient la recette de

Source : Courant alternatif, 1998

leurs produits afin d'en exclure les ingrédients provenant du maïs et du soja, les deux plantes les plus susceptibles d'être génétiquement modifiées. Courant 1999, la DGCCRF (Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes) a mené l'enquête dans 94 entreprises. Celle-ci a révélé « une tendance des professionnels à supprimer les ingrédients dérivés du maïs et du soja ou à les remplacer par des produits issus d'autres espèces végétales afin d'éviter l'obligation d'étiquetage » (Coroller, 2000). 43 entreprises ont déclaré avoir modifié leur recette. 13 indiquaient la présence d'OGM sur l'étiquette (Coroller, 2000).

Actuellement, il n'y a pas de culture en Europe et toutes les plantes ne sont pas encore transformées. Alors, les citoyens mettent une forte pression pour avoir un **étiquetage** des aliments contenant en tout ou partie des OGM, tant qu'il est encore temps.

Sans un tel étiquetage, la majorité des gens est opposée aux produits génétiquement modifiés.

3.3.1.2. Qui doit réglementer ?

62% des européens de même, ne font pas confiance à l'industrie pour réglementer la biotechnologie moderne. 56% des européens pensent que l'on devrait utiliser des méthodes traditionnelles et que les chercheurs feront toujours ce qu'ils veulent (eurobaromètre 46.1, 1996). 53% des répondants pensent que la réglementation actuelle n'est pas suffisante et 24% n'ont pas d'avis sur la question (figure 15).

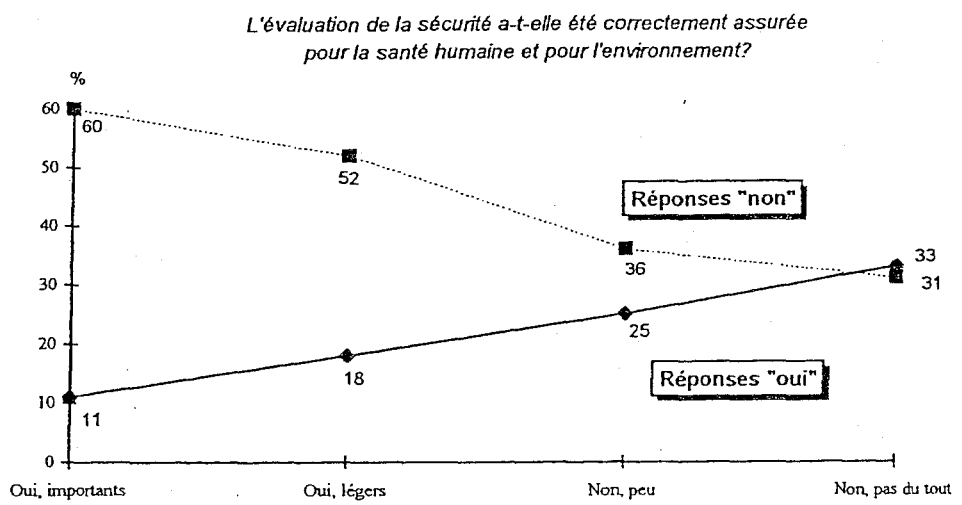


Figure 15 : Opinion sur l'évaluation de la sécurité des deux produits transgéniques autorisés et perception des risques alimentaires, CREDOC, 1997

Toujours sur ce thème de la réglementation, seuls trois européens sur 10 sont plutôt d'accord pour dire que la biotechnologie moderne est si compliquée que c'est une perte de temps de consulter le public à son sujet (Eurobaromètre 46.1, 1996).

3.3.1.3. Une réglementation suffisante :

Les citoyens de manière générale, considèrent que le cadre législatif actuel n'offre pas les garanties suffisantes et les gardes fous indispensables au développement des biotechnologies : « On nous assure que ces nouveaux organismes font l'objet d'essais et d'une réglementation d'une grande rigueur, mais apparemment , la procédure d'homologation part du principe qu'il n'y a pas de raison d'interdire l'utilisation d'un OGM tant qu'il n'est pas démontré qu'il présente un danger » (Anonyme, 1998 c).

3.3.1.4. Les instances les mieux placées pour réglementer la biotechnologie :

Les européens estiment que ce sont les organisations internationales comme les Nations Unies et l'OMS (Organisation Mondiale de la santé) qui sont les mieux placées pour réglementer la biotechnologie moderne. Viennent ensuite les organisations scientifiques et loin derrière, les pouvoirs publics nationaux, les comités scientifiques, les pouvoirs publics nationaux, les comités d'éthique, l'union européenne et les parlements nationaux.

Au niveau réglementaire, il reste encore du travail avant que les consommateurs citoyens trouvent confiance dans les textes de lois.

3.3.2. Les actions menées au niveau européen :

3.3.2. 1. Première importation de soja :

La première action spectaculaire et d'envergure menée s'est produite fin 1996 :
Monsanto voulait exporter du soja vers l'Europe sous forme de cargaisons mélangeant des produits transgéniques et traditionnels, de telle sorte que les européens n'avaient pas le choix dans leur achat, ne pouvant pas les différencier car il n'y avait pas d'étiquetage spécifique.

Alors, Eurocommerce exigea un étiquetage de ces denrées. Or, les grands groupes industriels comme Ciba pensent qu'il est difficile d'étiqueter ces denrées transgéniques car les européens ne sont pas prêts à consommer des denrées transgéniques. Cela ferait chuter leur exportation vers l'Europe.

L'Europe décida de bloquer tout le blé, ce qui fut considéré comme inconcevable de la part des officiels américains qui décidèrent d'exporter leurs plantes sans label particulier (Wadman, 1996). Ceci a provoqué un véritable tollé dans l'opinion publique. Alors, l'Autriche, l'Italie, le Luxembourg ont interdit ces aliments. L'Europe fut menacée de guerre commerciale, et dans les supermarchés apparurent de nombreux produits alimentaires transgéniques non étiquetés discrètement (Anonyme, 1999 c).

Quand ceci fut révélé, dans le contexte de crise de la vache folle, l'opinion publique européenne s'éleva fortement contre les méthodes adaptées par les industries agro-alimentaires. A force de procès, Monsanto a compris que toucher aux gènes éveillait des craintes chez les citoyens.

3.3.3. 2. Boycott du blé :

En même temps, une coalition internationale, dirigée par un activiste, Jeremy Rifkin, demanda un boycott du blé et du soja, se concentrant sur les dix compagnies dont la coalition ferait pression pour garantir que certains aliments soient sans OGM, ni leur dérivés.

Autrement dit, il demanda d'une part aux citoyens d'éviter la consommation de blé et soja d'importation, et esquissa des négociations avec des groupements alimentaires pour que ceux-ci refusent les denrées transgéniques à l'achat puis à la mise en rayon en supermarché.

Donc lors de la première importation de denrées contenant des OGM, il y eut une forte mobilisation européenne afin d'éviter de créer des précédents.

3.3.3. Une filière sans OGM :

3.3.3.1. Les raisons :

Arnaud Apoteker, responsable biodiversité à Greenpeace : « On ne peut que limiter les dérapages en exigeant la séparation des filières transgéniques et non transgéniques », (Anonyme, 1998 b).
Unilever en Allemagne a déjà refusé des cargaisons contenant du soja transgénique, Nestlé s'apprêtait à en faire autant en 1997. Ce sont deux grand groupes de distribution (Philipon, 1997 b). Il y a eu un retrait spectaculaire des produits contenant des OGM par les grandes chaînes de distribution, comme Nestlé, Danone, Unilever. Ils ont épuisé leur stock conventionnel et s'approvisionnent désormais seulement en sans OGM.

La faisabilité technique et la pertinence économique de la mise en place d'une filière sans utilisation d'OGM sont étudiées. En France, ceci se réalise dans le cadre d'un programme de recherche regroupant 35 organismes parmi les semenciers, distributeurs, industriels, associations de consommateurs... (Bertheau, Diolez, 1999).

3.3.3.2. Le cadre :

La filière sans OGMElle vise à mettre sur le marché des produits certifiés non OGM.
Sans préjuger du résultat cette étude pourrait aboutir à la mise en place de trois filières :
- production OGM,
- production non OGM,
- produits de nature non identifiée.

Cette certification est contrainte à la volonté d'apporter aux consommateurs les moyens d'effectuer un choix libre et éclairé.

Une telle démarche conduit à revoir les pratiques d'achat et à engager de nouvelles relations commerciales. Se procurer des produits non OGM s'avère parfois difficile car certains opérateurs refusent la ségrégation. Le coût peut être plus élevé.

Les consommateurs souhaitent pouvoir choisir la nature des aliments qu'ils consomment mais craignent l'émergence d'une alimentation à trois vitesses. De plus, ils refusent d'assumer les surcoûts induits par la certification. Des dispositions ont été prises par certains acteurs pour l'achat de produits non OGM. Des agriculteurs, des entreprises agroalimentaires recherchent des fournisseurs dont les marchandises ne contiennent pas d'OGM. Certaines

entreprises qui refusent, dans leur fabrication les productions susceptibles de contenir des OGM, procèdent à des substitutions d'ingrédients.

Ainsi, la lécithine de soja est remplacée par de la lécithine de tournesol. En l'absence de maïs garanti sans OGM, certains amidonniers préfèrent utiliser du blé ou de la pomme de terre. Les distributeurs sont confrontés aux attentes et inquiétudes de leurs clients. Afin de fournir des produits de marque, exempts d'OGM, sept distributeurs européens se sont alliés pour mettre en place une procédure de contrôle en culture et dans les chaînes de production. Certains maires en France, ont interdit la cuisine d'aliments contenant des OGM dans les cantines scolaires (Rouvillois et Le Fur, 1999).

Pour étudier la faisabilité d'une telle filière, divers paramètres sont à prendre en compte :

3.3.3.3. Paramètres techniques :

La séparation des circuits du champ à l'assiette conduit à une organisation du travail à tous les stades de la chaîne, transport et stockage compris. A l'intérieur des usines, la séparation des circuits n'est pas insurmontable.
Toutefois, une grande rigueur doit être observée à tous les stades afin qu'aucun élément transgénique n'entre dans la composition du produit final. Cet aspect dépend de la détermination du seuil et des méthodes d'analyses (Rouvillois et Le Fur, 1999).

3.3.3.4. Les modalités opérationnelles de la certification d'une filière non OGM :

Diverses questions se posent. Sur quels critères doit être élaboré le cahier des charges ? Quelles obligations permettent de garantir la non présence d'OGM ? Quelles étapes s'avèrent nécessaires pour l'obtention d'une reconnaissance légale de certification ?

3.3.3.5. Paramètres économiques :

Là encore, des interrogations peuvent être avancées. Les consommateurs réticents vis à vis des OGM sont-ils susceptibles de constituer un segment de marché ? Y aura-t-il une demande suffisante pour rentabiliser les investissements ? Quels surcoût sera induit par l'analyse, la certification ? Qui prendra en charge ce surcoût ? Les associations de consommateurs ont déclaré refuser de payer plus cher un produit sans OGM car ils n'ont pas demandé des plantes transgéniques (Rouvillois, et Le Fur, 1999).

La mise en place d'une filière non OGM va de fait parallèlement avec l'identification, la traçabilité et l'étiquetage d'une filière utilisant des OGM. La triple filière peut être une réponse à un marché mais il conviendra de déterminer les coûts induits par cette approche. Il faut en effet qu'il existe une demande suffisante pour rentabiliser les investissements.

Une réflexion, à l'initiative d'organismes agricoles et cofinancée par les pouvoirs publics, est menée dans le cadre d'un projet de recherche de l'INRA. Ce projet porte sur la pertinence économique et la faisabilité d'une filière garantie sans l'utilisation d'OGM. Une étude de même nature est en cours au sein de l'Union Européenne.

3.3.4. La conférence des citoyens :

La conférence des citoyens le 20 et 21 juin 1998 qui a été menée après plusieurs réunions de préparation, a bien montré qu'il est possible de donner accès à un citoyen à une question techniquement difficile. Sous l'égide du parlement, et de Jean Yves Le Deault, député PS de Meurthe et Moselle et président de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, quatorze citoyens choisis au hasard parmi la population française ont planché pendant un week-end sur la question douloureuse de l'utilisation des OGM en agriculture et en alimentation, puis ont présenté leur recommandations. Cette conférence était organisée par l'Office Parlementaire des Choix Scientifiques et Technologiques (OPECST).

Face à eux, se tenait une trentaine d'experts ayant une défiance en général par rapport à la précipitation excessive des pouvoirs publics à lancer ces nouveaux produits sur le marché.
A l'occasion de ce débat, huit association de défense de l'environnement ou de consommateurs, ont recueillis la signature de 200000 citoyens pour demander un moratoire (Vincent, 1998).

A la fin de ce week-end, voici leurs réflexions et recommandations :

- l'indépendance des experts,
- l'utilisation collective des innovations biotechnologiques,
- la responsabilité civile de leur promoteurs,
- un moratoire sur les plantes transgéniques,
- l'interdiction de gènes marqueurs comme la résistance aux antibiotiques,
- le renforcement de la recherche publique,
- la réforme de la CGB, comprenant désormais un collège scientifique et un collège général formé en plus d'agriculteurs, de consommateurs et de politiques,
- la transparence dans les débats ainsi que la prise en compte et publication des avis minoritaires
- aller au delà des réglementations existantes en matière d'étiquetage, de traçabilité et d'informations générales données au consommateurs,
- la mise en place de filières séparées,
- une banque mondiale de dépôt des séquences transformées facilitant la détection des OGM,
- la création d'une commission internationale consultative auprès de l'ONU,
- le rôle d'évaluation des risques potentiels des plantes transgéniques et des nouveaux aliments en général et dans le nouveau codex alimentaire (Le Deault, 1998).

Leurs demandes sont très précises et ont été très médiatisées dans la presse locale et nationale française.

3.3.5. Un moratoire :

3.3.5.1. Le cadre :

Les européens réclament l'instauration d'un **moratoire**. Celui-ci est réalisé dans le but de prendre le temps de la réflexion sur le court terme et sur le long terme avant la culture, la récolte et la commercialisation d'aliments contenant des OGM.

Les conditions de ce moratoire sont différentes d'un pays à l'autre, d'une association à l'autre, mais les idées de bases sont les mêmes.

3.3.5.2. Un exemple (Annexes 3) :

Voici un exemple : une demande de moratoire complet de cinq ans renouvelables au niveau européen sur la mise en culture de plantes transgéniques, sur la commercialisation et l'importation d'aliments fabriqués à partir d'OGM (même sous forme de simple additif).

Cette demande de moratoire a été éditée à l'initiative d'un collectif « OGM-danger en Drôme ». Il en circule dans toute la France. Le but est de recueillir le plus de signatures possibles afin de les remettre au parlement européen.

Plusieurs associations écologistes en France ont pris l'initiative de faire ce type de pétitions. Certaines se sont regroupées en collectifs locaux, comme ici, ou nationaux comme le collectif : « Stop OGM », qui a de nombreuses antennes en France.

3.3.5.3. Des résultats :

En octobre 1998, le gouvernement et les biotechnologies industrielles ont agrées un délai de un an pour introduire au niveau commercial des céréales résistantes aux herbicides et un délai de trois ans pour la tolérance aux insecticides (Massod, 1999). Et les comités de biovigilance ont annoncé que 200 hectares seulement seront semés en 1999, contre 1200 en 1998.

Le gouvernement **autrichien** a interdit le maïs *Bt* de Monsanto et Bruxelle a suspendu le processus d'autorisation d'un maïs Bt de Pionner Hi Bred (Anonyme, 1999 e).

Par contre **l'Espagne** a déjà autorisé la culture de certains OGM qui n'ont pas encore été approuvés dans d'autres pays.

3.3.6. Les associations :

Suivant les associations, les opinions diffèrent un peu, mais les protestations de bases restent les mêmes, ainsi que leurs moyens d'expression. De nombreuses associations écologistes se soulèvent contre les OGM et proposent diverses actions.

3.3.6.1. Les associations internationales :

Greenpeace, par exemple, a lancé depuis 1997, un réseau « Info-Conso » intitulé « Pas d'OGM dans mon assiette ». Ce réseau fonctionne partout en Europe (Annexes 4).

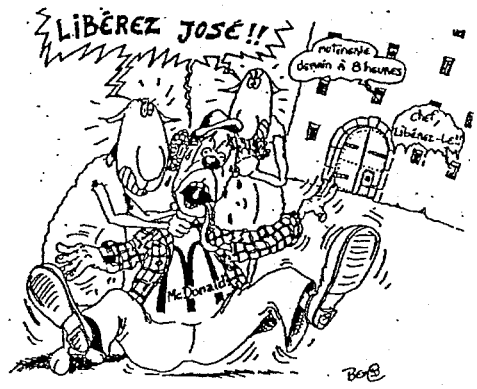
Pour cela, il envoie à ses membres intéressés, chaque mois un courrier les informant de l'état actuel de la situation. Ceux-ci doivent écrire à des compagnies de fabrication ou de distribution une lettre leur exprimant leurs craintes des OGM et leur refus d'acheter de la nourriture contenant des OGM. De ce fait, la firme subit une pression forte, car son bénéfice vient de la satisfaction du client.

De même, Greenpeace diffuse largement une liste reprise d'une enquête menée par la revue « 60 Millions de consommateurs » qui incrimine plus de 60 aliments contenant des OGM. Et

il la modifie au fil du temps en fonction des réponses des compagnies, certifiant ou non qu'elles s'engagent désormais à ne plus se servir auprès de fournisseurs ne pouvant pas certifier l'absence d'OGM dans leur cargaison.

3.3.6.2. En France :

En France, de nombreuses associations protestent contre la venue des OGM sur les marchés. Par exemple, la **Confédération Paysanne**, un syndicat agricole, a décidé de lancer pendant l'été 1998 une campagne nationale contre les OGM en demandant à tous les paysans d'indiquer par des pancartes en bordure de route : « Pas d'OGM dans ce champs » (Anonyme, 1998 b).
De même, en juin 1998, une centaine d'agriculteurs de la confédération paysanne ont moissonné 500 hectares de colza transgénique expérimental sur un champ du CETIOM, (Centre Technique interprofessionnel des oléagineux métropolitains) un centre privé agro-industriel en Charente-Maritime. C'était une des plus grosses parcelles cultivées en OGM (20% de la surface en OGM en France). Puis ils ont déposé la récolte rendue impropre à la consommation, masqués et gantés, devant le siège de l'INRA du Surgères.



A Agen , trois militants de la confédération paysanne, dont José Bové, ont dénaturé des stocks de maïs transgénique début Janvier 1998 à Nérac, dans le Lot et Garonne, aidés d'une centaine de paysans.

Il y eu un procès le 18 février 1998 et le verdict tomba le 3 mars 1998.
René Rusel, secrétaire national de la confédération ainsi que José Bové écopèrent de huit mois de prison avec sursit.
Francis Rous, militant de l'Aveyron écopa de cinq mois de prison avec sursis. **Anonyme, 1998 d**
Ils durent payer 500000 francs de dommages et intérêts pour Novartis (Anonyme, 1998 d).

Des citoyens consommateurs mécontents sont intervenu dans plusieurs supermarchés à Paris et en province, pour demander le retrait de ces produits transgéniques. A chaque fois, les militants ont vidé la totalité des rayons dans des caddies avant de les amener à la caisse et de demander à la direction un engagement de refus de vente . Ce qui a marché dans plusieurs grands magasins qui se sont engagés à refuser les produits repérés comme tels et les clients présents dans le magasin, ont dans l'ensemble manifesté leur approbation (Anonyme, 1998 b).

Un groupe d'activistes se nommant FabRAGE (fabuleuse Résistance contre la Modification Génétique), a interrompu la conférence sur le coton de Monsanto le 25 février 1999. « Nous préférerions nous promener nus plutôt que de porter du coton génétiquement modifié », s'est exclamé Biogrrl au moment où une demi-douzaine d'activistes se sont précipités dans la salle en enlevant leur robe fabriquée avec du coton génétiquement modifiée et en chantant « Nous n'en voulons pas, nous ne l'achèterons pas, et nous ne la porterons pas » (Anonyme, 1998 f).

Des activistes de Greenpeace sont entrés dans la salle où se tenait à Lyon une conférence sur la biotechnologie (Biovision) en mars 1999 (Anonyme, 1998 f). Passés inaperçus, ils sont montés à l'étage puis sur le toit où ils ont suspendus une banderole. Des activistes venus de

toute la France se sont rassemblés devant le bâtiment où se tenait la conférence et ont bloqué l'entrée aux personnes venues y assister.

Depuis 1996, de nombreuses actions de ce genre ont éclaté un peu partout en France et à l'étranger.

3.3.6.3. En Suisse :

En **Suisse**, face au cadre législatif trop laxiste vis à vis des biotechnologies, une association s'est créée : « Initiative Pour la protection génétique » qui a pour objectif de fixer les limites et un cadre aux activités du génie génétique.

A l'origine, un groupe suisse travaillait sur le génie génétique **(SAG) ;** ils ont élargit leur groupe de réflexion vers les militants insatisfaits. Ceci constitue en soi une forme de résistance face à l'application abusive du génie génétique par l'industrie.

Ils proposent une solution politique : laisser les citoyens exprimer leurs idées en matière de génie génétique (Groupe suisse de travail sur le génie génétique, 1996).
Ils veulent interdire la dissémination, demander que tous les projets soient réalisés en systèmes clos (laboratoire de recherche, serres de sécurité, production confinée).
Ils réclament aussi de ne pas juger seulement la sécurité de l'aliment, mais aussi de prouver l'utilité des travaux et l'absence d'autres solutions, ainsi qu'un renforcement des responsabilités éthiques (Groupe suisse de travail sur le génie génétique, 1996).

3.3.6.4. Aux USA :

Aux USA, les citoyens commencent à réagir : un groupe d'environnementalistes et de fermiers ont attaqué l'EPA (US environmental Protection Agency) pour son laxisme envers la loi et son approbation pour les OGM.
Soixante treize personnes de Greenpeace , le Centre de Sécurité Alimentaire basé à Washington, et la fédération internationale pour le mouvement AB (Agriculture Biologique), dénoncent le fait que depuis 1995, l'EPA approuve le maïs *Bt,* le coton et la pomme de terre fabriqués pour produire des toxines faites par la bactérie du sol *Bacillus thuringiensis* sans se préoccuper de l'environnement (Massod, 1999).

3.3.6.5. En Angleterre :

Des groupes d'activistes ont mis à mal une trentaine de champs sites d'essais pour des plantes transgéniques en Angleterre (Govazhan, 1998). Les activistes émanent de l'association **Genetix Snowball**. Celle-ci annonce à la police et aux compagnies la future action menée avant d'intervenir mais cette dernière ne peut rien faire pour les en empêcher.

En Grande Bretagne, un spectacle ambulant de théâtre de rue, s'appelant « Mrs Mop's Medicine Show », requiert un grand succès. Les gens du groupe sont des vétérans des parades de légumes qui eurent lieu pendant le Glastonbury festival ainsi qu'à Bristol et proposent des ateliers de fabrication de costumes de légumes mutants (Anonyme, 1998 f)...

De nombreuses actions faisant preuve d'imagination ont été menées, souvent de façon originale, spectaculaire ou dérangeante, afin d'attirer l'attention sur la question des OGM comme la livraison d 'ordures. Les employés des bureaux de Monsanto à Londres et

High Wycombe ont eu la surprise de se retrouver face à un tas d'ordures nauséabondes portant le message : « **Nous ne voulons pas des déchets de Monsanto** ».
Cette action a été menée la veille de la date limite pour adresser des commentaires à propos de la proposition très controversée de l'United Department of Agriculture des Etats Unis (USDA) sur les normes biologiques. Monsanto, apparemment alerté par la pression sans précédant du public a envoyé une lettre à l'USDA en demandant de repousser d'au moins trois ans une décision concernant la qualification « biologique » de plantes génétiquement modifiées.

Une autre action, tôt dans la matinée du 25 novembre 1998,s'est produite. La maison et le jardin du Lord Simon's (ministre de l'industrie et de la concurrence) ont été occupés. A son réveil, il s'est retrouvé devant douze scientifiques distingués cherchant à monter sur son toit et prélevant des échantillons de ses plantes. Des autocollants **« brevet d'intention »** ont été collés sur chaque morceau de matière vivante. En même temps, d'autres personnes équipées de banderoles et de mégaphones lui ont demandé de dire « Non au brevetage sur la vie ». Simon devait approuvé la directive de l'union européenne concernant des brevets d'intention sur la matière vivante un peu plus tard dans la semaine.

Le 24 octobre 1998, des habitants proches du centre John Innes à Norwich ont organisé un pique nique pour dénoncer le rôle important de cet institut dans la recherche sur les OGM (Anonyme, 1999 f).

3.3.6.6. Leur survie économique :

Pour spectaculaire qu'elle soit, la polémique actuelle autour des plantes transgéniques pourrait bien occulter un aspect plus pragmatique : ces plantes ne survivront commercialement que si elles répondent aux besoins de leurs utilisateurs.

Les variétés mises sur le marché reflètent les choix stratégiques faits à l'époque de leur conception, il y a une bonne quinzaine d'années, par les grands groupes chimiques qui les commercialisent. Les gènes de résistance aux herbicides « maison » en sont la meilleure illustration. Forts de leur succès techniques, les obtenteurs ont, semble-t-il, négligé de s'enquérir de l'évolution des besoins de leur clientèle : agriculteurs et industriels de l'agro-alimentaire. Or, si les premières plantes génétiquement modifiées déçoivent, leur avenir pourrait bien être remis en question.

Antoine Messéan, du CETIOM : « Il est clair que les industriels ont travaillé sans se préoccuper des besoins des agriculteurs. Si ces plantes ne présentent aucun avantage dans les conditions actuelles d'exploitation, ils ne les utiliseront pas » (Philipon, 1997 c).Mais quelque soit la valeur agronomique des plantes transgéniques, leur avenir économique risque de se jouer aussi sur les rayons des magasins d'alimentation. Dans les pays industrialisés, l'offre est surabondante : consommateurs et distributeurs auront donc le dernier mot (Philipon, 1997, c).

Partout sur le globe l'opinion publique est concernée par l'entrée dans notre alimentation de ces nouveaux aliments. Les actions venues d'associations, de militants, et même de l'organe d'état se multiplient. Ceci est en partie due au fait que la commission européenne est à Bruxelles, donc trop loin pour que les groupes locaux puissent faire efficacement pression, et le gouvernement et les cours de justices abandonnent (Govazhan, 1998).

4. L'encadrement juridique

4. L'encadrement juridique :

4.1. La réglementation :

Les OGM ont commencé à apparaître dans nos assiettes dans les années 90. Des préoccupations de sûreté quant à leur mise en œuvre en particulier et des biotechnologies en général, sont apparues dès que le génie génétique a connu ses premières applications. Alors, la réglementation s'est faite **à priori.**

Il y a distinctement deux catégories d'opinions :

- l'Amérique du Nord (Etats Unis et Canada) qui pensent que les OGM ne constituent pas une catégorie particulière et ne sont donc pas soumis à une procédure particulière d'autorisation,
- l'Europe qui s'en remet au **Principe de Précaution.**

4.1.1. Rappel des différentes lois et directives apparues en Europe :

1983 : sous l'égide du comité pour la politique scientifique et technologique fut constitué un « groupe d'experts nationaux sur la sûreté et la réglementation en biotechnologie »,

1986 : rapport sur les organismes recombinants fixant les orientations pour l'appréciation des risques liés à leur utilisation,

1986 : recommandations du rapport adopté par le conseil de l'OCDE,

A cette date, les OGM étaient considérés comme créant des risques de même nature que ceux posés par les organismes conventionnels. Ils présentaient une prévisibilité intrinsèque plus grande que celle modifiée par voie classique. De même, il n'était pas justifié de réaliser une législation spécifique pour réglementer l'utilisation des OGM (Rouvillois et Le Fur, 1999). Donc, les produits issus des biotechnologies n'étaient pas singularisés.

A la suite de quoi, ces principes ont inspiré la mise en œuvre des règles nationales de sûreté dans la plupart des pays de l'OCDE, dont la France. Puis, les OGM appliqués au domaine de la santé ont été distingués de ceux appliqués au domaine agricole où il a été jugé que leur utilisation nécessitait des précautions et un encadrement spécifique, surtout pour leur dissémination dans l'environnement.

1988 : la commission européenne présente trois projets de directives destinées à encadrer la sûreté de mise en œuvre des biotechnologies,

1990 : le projet relatif à la protection des travailleurs devient la **directive 90/679**, adoptée en novembre 1990. Il fixe le cadre des mesures de sûreté mises en œuvres dans les laboratoires de recherche, hospitaliers, ou dans l'industrie,

1990 : les deux projets relatifs respectivement à l'usage confiné des OGM et à leur diffusion dans l'environnement ont aboutis, après de nombreux débats en avril 1990, aux **directives 90/219/CEE et 90/220/CEE** du 23 avril 1990 sur l'emploi des OGM (Rouvillois et Le Fur, 1999).

La directive 90/220/CEE du 23 avril 1990 est en cours de révision afin d'intégrer les connaissances acquises en matière d'évaluation des risques. Chaque dissémination est soumise a l'aval administratif d'une autorité compétente et à l'avis d'un état membre (INRA, 1996).
Mais elle ne s'intéressait aux risques pour la santé humaine qu'en cas d'exposition ou d'ingestion accidentelle et non de consommation régulière.

1991 : la FAO et l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) publient les résultats d'une consultation conjointe d'experts sur l'évaluation de la sûreté des aliments issus de la biotechnologie. Pour cela, ils ont réalisé une analyse moléculaire, biologique, chimique de l'aliment afin de déterminer si des études toxicologiques sont nécessaires (Philipon, 1999).
C'est le début de la notion d'« **équivalence substantielle** ». Le nouveau produit est comparé à un aliment existant présentant un niveau de sécurité acceptable.

1993-96 : définition de l'équivalence substantielle par l'OCDE. « Si l'analyse du nouvel aliment ne révèle aucune différence avec un homologue classique sûr, il peut être traité de la même manière du point de vue sécurité »,

1994 : à la suite d'un colloque la commission européenne s'est engagée dans la voie d'un allégement des procédures de contrôles, mises en place par les directives de 1990, surtout pour l'utilisation confinée de micro-organismes génétiquement modifiés (**directive 94/51/CE**) et la dissémination de plantes transgéniques (**décision 94/730**) qui prévoit des procédures simplifiées pour la dissémination volontaire de plantes transgéniques,

27/01/1997 : **règlement CE 258/97** « relatif aux nouveaux aliments et nouveaux ingrédients alimentaires » en CEE est en vigueur depuis le 15/05/1997. Ce texte est issu d'une procédure de conciliation achevée le 28 novembre 1996 qui représente un compromis entre les positions du Parlement et celles du Conseil des ministres européens (Philipon, 1997 b). Ceci afin d'améliorer les lois existantes en matières d'additifs alimentaires qui sont réglementés depuis 1958. Jusqu'à cette date, les mêmes réglementations et les même tests d'innocuité étaient pratiqués pour les OGM.

Marion Guillou, directeur général de l'alimentation au ministère de la pêche et de l'alimentation explique que le cadre impose une évaluation scientifique rigoureuse et exhaustive des risques pour la santé publique et l'environnement des OGM préalablement à toute autorisation. De ce fait, le nouvel aliment est d'abord interdit, puis éventuellement autorisé après une autorisation au cas par cas (Anonyme, 1997 a).

Avec ce règlement en Europe, tout OGM est soumis à une procédure d'évaluation avant de recevoir éventuellement une AMM.

1998 : **la directive 98/81/CEE** modifie **la directive 90/219 CEE** que les Etats membres doivent transposer au plus tard le 5 juin 2000. Elle apporte les nouveautés suivantes :
- la procédure varie selon la pathogénicité des OGM. Il y a désormais quatre classes de risques au lieu de 2 groupes,
- des mesures minimales de confinement et de contrôle garantissent une production et une harmonisation adéquate (Rouvillois, Le Fur 1999).

B.U. MÉD. GRENOBLE

Le 12 /01/1999 : à la demande du gouvernement français, le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique en France (CSHPF) arrêtait ses recommandations sur l'évaluation de la sécurité des nouveaux aliments,

Le 21/05/1999 : le gouvernement britannique annonce un seuil de mesures pour renforcer la sécurité,

21/07/1999 : en France, le ministre de la recherche lance un appel à proposition sur l'impact des OGM, comportant une étude d'amélioration des méthodes d'évaluations du risque alimentaire et aussi des méthodes globales déterminant la composition exacte des variétés d'OGM.

Alors, la réglementation en matière de biotechnologie a d'ores et déjà une histoire longue de vingt années de réflexion sur le sujet.

4.1.2. Les règles sur le globe :

'We'll have to turn vegetarian, Celia!'

Jusqu'en 1990, des disparités réglementaires existaient en Europe.

4.1.2.1. En Europe :

Par exemple, il n'y avait pas de réglementation en **Espagne**. Certains pays autorisaient la dissémination avec un contrôle des risques, d'autres interdisaient ou effectuaient des contrôles si stricts que les autorisations étaient rares. Les directives européennes de 1990 ont permis une harmonisation européenne des réglementations (INRA, 1996).

4.1.2.2. Aux Etats Unis :

Aux Etats Unis, par contre au niveau réglementaire, les OGM sont traités de la même manière que les produits phytosanitaires.

Les OGM autorisés sont considéré sans dangers (Bertheau, Diolez, 1999). Pour l'Animal and Plant Inspection Service (APHIS), il n'y a donc pas lieu d'élaborer des lois spécifiques pour les OGM (Chambre d'agriculture, 1997, c).

La FDA fait confiance aux pratiques traditionnelles des sélectionneurs pour l'évaluation des risques, c'est à dire l'observation de la morphologie et de la productivité des plantes. En 1992, elle lance la déclaration de politique générale sur les aliments dérivés de nouvelles variétés végétales. C'est le producteur qui doit assurer l'innocuité des produits commercialisés. C'est le produit qui est contrôlé et réglementé plutôt que le processus d'obtention. Les OGM ne doivent pas différer fondamentalement des produits non modifiés ou traditionnels.

La réglementation doit être fonction de l'utilisation finale du produit et fondée si nécessaire sur une analyse au cas par cas. La vision du danger et l'approche du problème étaient donc radicalement opposée à la base entre les deux continents.

4.1.2.3. Au Canada :

Le système réglementaire de ce pays s'apparente à celui des Etats Unis.

Il se fonde sur des législations sectorielles en vigueur en matière d'hygiène alimentaire, de protection des plantes et de santé animale. L'agrément des produits OGM repose sur des évaluations scientifiques conduites notamment par les agences de l'environnement et de la santé. L'étiquetage des produits OGM n'est pas obligatoire mais un système volontaire formalisé permet de satisfaire les attentes du public.

4.1.2.4. Le compromis :

Au fil du temps, la CEE se rapproche des USA : la technique d'obtention des OGM n'est plus prise en compte et contrôlée contrairement à ce que préconise **l'approche procédé**. C'est **l'approche produit**. C'est l'objet obtenu qui est évalué, c'est à dire l'OGM ainsi que ses caractéristiques en tant que produit.

Mae Wan Ho est biologiste moléculaire à l'Open Université en Grande Bretagne et considère que « on a déréglementé car la réglementation trop stricte pouvait nuire à la compétitivité de l'industrie… » (Mae Wan Ho, 1997).

De même, aux USA, certaines entreprises se soumettent volontairement à une réglementation plus sévère. Une remise en cause du libéralisme américain est notée ainsi qu' une harmonisation de facto des deux côtés de l'atlantique (INRA, 1996).

Aujourd'hui, les OGM n'ont plus le vent en coupe aux USA. Dan Glickman, le ministre de l'agriculture a donné un coup de frein, le 13 juillet 1999 et lance un audit scientifique de son processus d'autorisation des OGM. Il veut aussi établir un réseau de centres régionaux capables d'évaluer à long terme les produits issus des biotechnologies, ainsi qu'une installation d'une commission sur les biotechnologies agricoles (Philipon, 1999).

4. 2 L'étiquetage :

En ce qui concerne l'étiquetage, la réglementation diffère d'un pays à l'autre.

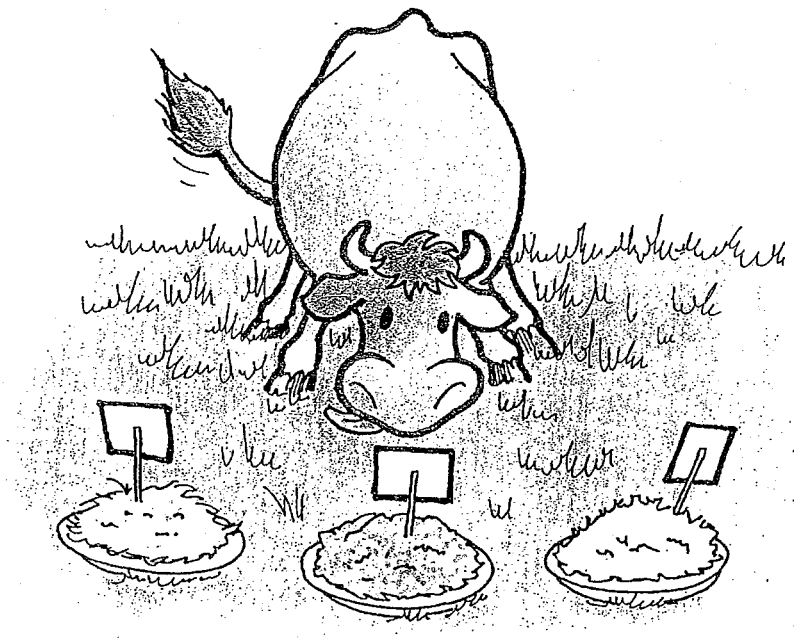
4.2.1. Au niveau de l'Union européenne :

4.2.1.1. Le cadre réglementaire :

Au niveau de l'union européenne, l'étiquetage des aliments fait l'objet d'une directive horizontale **(directive n 79/112 modifiée** par le règlement n°11139/98/CE) qui décline, depuis la dénomination des denrées jusqu'à la description de leur composition un ensemble de règles détaillées (**http://www.agriculture.gouv.fr/alim/comm/fir8nani.htm, c).**

Lors de la séance plénière du 8 janvier 1997, le conseil national de l'alimentation a décidé de conduire une réflexion sur l'étiquetage des nouveaux aliments et des nouveaux ingrédients, en particulier des organismes génétiquement modifiés et des organismes qui en sont dérivés.

Les nouveaux aliments et ingrédients sont des denrées dont la consommation au niveau de l'union européenne est restée négligeable et qui relève de différentes catégories selon leur nature ou leur origine (**http://www.agriculture.gouv.fr/alim/comm/fir8nani.htm, c).**



Source : Confédération française des semenciers, 1997

4.2.1.2. Les mesures prises :

1) L'étiquetage doit être informatif,
c'est à dire qu'il doit fournir au consommateur des informations utiles sur les indications du produit Cette garantie est obtenue par l'obligation de respecter les mêmes règles pour tous. Une forte demande s'est exprimée pour que l'étiquetage de ces aliments soit le support d'une information aussi complète que possible.

2) Il doit être proportionnel,
c'est à dire ne pas induire de charges indues sur les entreprises

3) Il ne doit pas créer d'exigences surdimensionnées par rapport au besoin d'information du consommateur

4) Il ne doit pas induire le consommateur en erreur.

5) Les dispositions d'étiquetage doivent être applicables dans la pratique et contrôlables

4.2.1.3. Additifs et arômes :

La commission , dans une décision récente a pris l 'engagement de proposer dans un proche avenir des mesures communautaires d'étiquetage pour les additifs et les arômes contenants ou issus d'OGM (**http://www.agriculture.gouv.fr/alim/comm/fir8nani.htm c).**

4.2.1.4. Dans le cas des OGM :

La disposition particulière de la **directive n°79/112** qui prévoit de ne pas énumérer les ingrédients d'un aliment composé définit par une réglementation ou un usage et qui présente moins de 25% du produit fini, ne doit pas faire obstacle aux dispositions d'étiquetage prévues par le règlement relatif aux nouveaux aliments.

- Dans le cas où tout le produit est constitué par l'OGM, la dénomination de vente doit être complétée par la mention « **...génétiquement modifié** ». De plus, l'étiquetage doit mentionner l'objectif de la modification génétique,

- Dans le cas ou l'OGM est un ingrédient d'une denrée composée, l'étiquetage doit mentionner, en complément de la dénomination de l'ingrédient la mention « **... génétiquement modifié** ».

L'apposition d'un logo européen est vivement préconisé en complément des informations précédentes.

4.2.1.5. Dans le cas des aliments ou ingrédients issus d'OGM :

Ces aliments sont caractérisés par le fait qu'ils ne contiennent plus d'ADN recombinant biologiquement actif, mais peuvent contenir de nouvelles protéines issues de l'expression du transgène ou de nouveaux constituants ou métabolites issus de l'activité de cette nouvelle protéine.

- Si cet aliment n'est pas équivalent, la dénomination de vente ou la dénomination de l'ingrédient doit être complétée par la mention « **...issu d'organisme génétiquement modifié** ». Et la nouvelle caractéristique sera décrite,

- Si l'aliment est équivalent, **aucune mention** informative particulière n'est exigée.

4.2.1.6. Produits ne contenant pas d'OGM :

Il est aussi important qu'une allégation négative puisse exister, afin de laisser au consommateur le choix de son alimentation. Toutefois, cette allégation doit être réservée aux produits pour lesquels une denrée analogue susceptible de contenir des OGM est disponible sur le marché. Les termes à utiliser sont **« produit obtenu sans recours aux techniques de modification génétique »(http://www.agriculture.gouv.fr/alim/comm/fir8nani.htm c).**

Seule une traçabilité sans faille permet d'apporter une garantie fiable de cette mention. Un système de certification qui s'inscrirait dans les dispositions existantes (Agriculture Biologique (AB), certification de conformité, label) assurerait une transparence et donc une crédibilité de ces allégations.

4.2.1.7. Présence éventuelle d'OGM (tableau 8) :

Une autorisation à titre exceptionnel d'une mention relative à la présence éventuelle d'OGM **(« peut contenir des OGM »)** est aussi prévue.

Mais certaines personnalités considèrent que cette mention est peu pertinente car elle laisse croire à une absence de maîtrise du processus de production et ne devrait être utilisée qu'à titre exceptionnel et transitoire en attendant une application plus systématique des dispositions ci-dessous .

Tableau 8 récapitulatif des normes d'étiquetage en Europe :

Aliment	**Dénomination de vente**
Produit constitué par l'OGM	« ... génétiquement modifié » + mention de l'objectif de la modification génétique
L'OGM est un ingrédient d'une denrée composée	« ... génétiquement modifié »
Aliments ou ingrédients issus d'OGM ↳ non équivalent ↳ équivalent	↳ « ... issu d'organisme génétiquement modifié » ↳pas de mention
Ne contenant pas d'OGM	« Produit obtenu sans recours aux techniques de modifications génétiques »
Présence éventuelle d'OGM	« Peut contenir des OGM

4.2.1.8. Le cas du maïs et du soja :

Cette réglementation ne s'applique qu'aux produits dont la consommation est restée négligeable avant son entrée en vigueur le 15 mai 1997. Par conséquent, le soja et le maïs autorisés en avril 96 et février 97, respectivement, ne sont pas couverts par cette directive.
Or ce sont les ingrédients les plus présents dans l'alimentation humaine et animale quelque soit le pays.

Un nouveau règlement, dans la directive 90/220, **le n°1139/98**, a levé les imprécisions du premier en précisant plus concrètement les critères à prendre en compte pour l'étiquetage. Ce

règlement impose l'étiquetage avec la mention OGM pour les ingrédients en contenant. Il devrait être complété, sous la pression des consommateurs, par une prise en compte des additifs, solvants et arômes d'origine transgénique (Philipon, 1999). Il s'applique depuis le 1 septembre 1998.

Le 10 avril 2000, deux textes de la commission européenne entrèrent en vigueur dans toute l'union. Ce sont le règlement n°11139/98 et la directive n°98/95 ; ils imposent aux fabricants de labelliser les « aliments et ingrédients alimentaires » contenant plus de 1% d'OGM ainsi que les additifs et arômes génétiquement modifiés sans précision de seuil (Coroller, 2000).

D'une manière générale, un aliment, qui parmi ses ingrédients contient du maïs (ou du soja) génétiquement modifié doit avoir dans la liste de ses ingrédients la mention : **« produit à partir de maïs (ou soja) génétiquement modifié ».**
La taille des lettres doit au moins être équivalente à celle de la liste des ingrédients.

4.2.2. Les Etats Unis :

Pour les américains, dès lors que les scientifiques se sont prononcés en faveur des OGM, la question de l'étiquetage ne s'est pas posée de la même manière. Ils n'acceptent pas l'étiquetage de produits qu'ils ne considèrent pas comme dangereux selon les déclaration du représentant Charles Stenholm (D.Texas) le 18 novembre 1996 (Anonyme 1997 e).

Mais, à titre personnel, certains responsables pensent que, pour les produits transformés, ils pourraient être conduit à accepter un simple avertissement de type « **peut contenir des produits OGM** » et ils s'interrogent aussitôt de l'intérêt pour le consommateur d'une telle mention (Anonyme 1997 e).

Pour les membres du congrès, comme pour les responsables du secteur agroalimentaire, l'impression est que l'Europe cherche par le biais d'un étiquetage non scientifiquement fondé à réduire les importations des produits américains (Anonyme 1997 e). Rien n'oblige pour l'instant un commerçant américain à déclarer toutes les caractéristiques génétiques du produit qu'il vend ou qu'il achète. Cela occasionne des frais supplémentaires pour l'étiquetage et le conditionnement que les consommateurs et les industriels devraient payer.
Mais, un changement des mentalités est noté vis à vis des OGM, Dan Glickman, ministre de l'agriculture américain, veut obliger l'installation d'un étiquetage informatif (Philipon, 1999).

4.2.3. Le Japon (tableau 9):

Au Japon, 30% du blé importé des USA, 40% du soja importé du Canada sont génétiquement modifiés d'après l'Union des Consommateurs Japonais (CUJ) **(http://www.mainichi.co.jp/english/new03.html, 1999).**

Le ministre de l'agriculture, des forêts et de la pêche veut un étiquetage spécial, séparant les OGM en trois groupes :

- nourriture dont la composition des ingrédients est changée par manœuvre génétique,
- nourriture contenant des résidus d'ADN et protéines génétiquement modifiées,
- nourriture inclassable,

Tableau 9 récapitulatif des groupes d'aliments contenant des OGM :

Nourriture	Groupe I	Groupe II	Groupe III
Contenant es OGM	★		
contenant des résidus d'ADN et de protéines génétiquement modifiées		★	
inclassable			★

Le problème de ce classement est qu'il y a des doutes par rapport à la nourriture inclassable. En effet, les acheteurs potentiels hésitent à acheter de la nourriture non clairement identifiée comme sans OGM, car il y a alors suspicion de présence d'OGM.

Mais le prix de revient d'un test de détection est trop élevé pour pouvoir détecter de manière certaine la présence d'OGM dans la nourriture (Philipon, 1999). Tout aliment contenant 5% ou plus d'ADN ou de protéines provenant d'OGM mérite un étiquetage. Cette mesure s'appliquera à partir du 1 avril 2001 pour plus de trente produits (Shioga, 1999).

4.2.4. Opinions :

4.2.4.1. Les industriels :

Les industries sont inquiètes vis a vis de l'étiquetage. Elles pensent que cela amène la défiance chez le consommateur. Ils réclament seulement l'étiquetage pour les aliments modifiés amenant des bienfaits au consommateur, comme un soja enrichi en acide oléïque....

4.2.4.2. La grande distribution :

La grande distribution a un point de vue divergeant de l'industrie agroalimentaire.
Celle-ci souhaite informer le consommateur de la présence d'OGM dans les aliments. (http://www.environnement.gouv.fr/infoprat/comites/cpp/ogm.htm, 1997 a).Mais ceci semble très compliqué à mettre en œuvre car la traçabilité du produit n'est pas toujours bien définie. Par exemple le soja qui est la principale source de protéines végétales pose un problème d' étiquetage car l'identification de son origine dans la chaîne alimentaire humaine et animale n'est pas toujours bien définie et 70% du soja utilisé en Europe est importé.

4.2.4.3. L'OMC (Organisation Mondiale du Commerce) :

L'OMC perçoit l'étiquetage comme une limite à la libre circulation.

L'étiquetage est donc au plan international, une question centrale qui peut à la fois peser sur la compétitivité, mais aussi influencer les consommateurs. Alors, il est indispensable que la communauté européenne obtienne l'étiquetage des produits importés ainsi que la mise en place d'un dispositif fiable de ségrégation lors du transbordement, du transport et de la réception des produits dans les ports de commerce.

4.3. La traçabilité :

4.3.1. Notion de seuil de contamination fortuite :

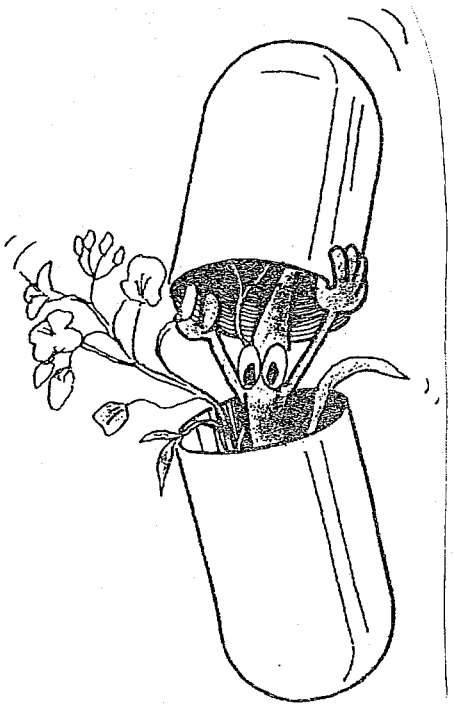
Le règlement européen sur l'étiquetage retient la notion de « **seuil de contamination fortuite** », définit comme le degré de pureté d'un produit commercialisé. Celui-ci varie selon sa nature, celle des contaminants et les engagements contractuels. La pureté d'une espèce végétale n' est garantie qu'entre 95% et 99% selon les espèces végétales.

Le conseil de l'Union Européenne a envisagé dans les considérants n°14 et 15 de son règlement n°1139/98 de définir un seuil de détection de l'ADN et de protéines dans le produit fini lié à une contamination au dessous duquel les ingrédients et produits contenants ou issus d'OGM seraient dispensés d'un étiquetage.

Ces contaminations sont nombreuses et peuvent intervenir aux différents stades de l 'élaboration et de la diffusion des denrées alimentaires. Ce seuil se situe entre 1 et 3%. Un seuil trop bas nécessite une réorganisation coûteuse des filières de production (Bertheau et Diolez, 1999).

Ces traces pourraient avoir comme origine un mélange très faible à différentes étapes des filières. Par exemple, lors de la préparation des semences, le pollen du maïs d'une variété peut entraîner involontairement ce mélange (http://www.environnement.gouv.fr/infoprat/comites/cpp/ogm.htm, 1997, a).

4.3.2. Détection :



Mais, il reste très difficile de déceler la présence d'OGM dans un produit (Anonyme, 1997 e).
Seulement quelques laboratoires en France, sous la demande du ministère de l'agriculture recherchent la présence d'OGM. Depuis juillet 1998, il existe des normes de travail, adoptées par la commission Afnor VO3E depuis avril 1999 (Bertheau, Diolez, 1999). Il faut adopter des méthodes d'analyse agrées, harmonisées au niveau international qui soient qualitatives et quantitatives.

Les méthodes de détection, en Europe, définies par le règlement n°1139/98/CE reposent sur la recherche de protéines caractéristiques des OGM ou bien de séquences d'ADN cibles, spécifiques des OGM (Bertheau, Diolez, 1999).

Source : Confédération française des semenciers, 1997

Ces analyses ne doivent pas seulement porter sur le produit fini mais aussi sur les additifs et les matières premières (Rouvillois, Le Fur, 1999).

4.3.2.1. Méthode immunologique :

Pour repérer l'ADN cible, il existe des méthodes immunologiques, avec production d'anticorps, mais elle ne permet pas d'identifier les transgènes, et ne donne pas la teneur en OGM.
La société Strategic diagnostics Inc (SDI, Newark, Delaware) commercialise un kit immunodiagnostic du soja RRS (Roundup Ready Soybean). Ce kit est produit par la société Monsanto

4.3.2.2. La PCR (Polymérase Chaine Réaction) :

La méthode la plus efficace est la **PCR** (Browaeys, 1997). Mais par PCR, il faut savoir ce qui est cherché et il faut donc avoir des amorces. « On pourrait exiger comme conditions de mises sur le marché, que les firmes productrices d'OGM fournissent des amorces nécessaires au contrôle » propose Jean Michel Wall, du laboratoire INRA-CEA de Saclay (Browaeys, 1997).

Donc, un problème se pose encore : comment faire pour passer tous les transgènes au crible quand nous en auront beaucoup ? De plus, la PCR est applicable seulement aux fruits, mais pas aux produits transformés.

Alors, Gérard Pascal, directeur du centre national d'étude et de recommandation sur l'alimentation et la nutrition de proposer : « On devrait exiger l'introduction d'une séquence systématique d'une séquence artificielle de nucléotides, reconnaissables dans tous les OGM » (Browaeys, 1997).

4.3.3. Les amorces :

Le dépôt des amorces pour l'autorisation de commercialisation est déjà prévu dans la **directive 90/220/CEE**. La révision en cours de cette directive pourrait éviter de faire supporter aux pouvoirs publics des frais supplémentaires de travail pour les OGM non encore autorisés dans l'union européenne (Berthea et Diolez, 1999).

Les séquences d'identification réellement utiles sont limitées aux fragments de bordure des séquences génétiques transférées, c'est à dire aux fragments d'ADN faisant la jonction entre le génome de la plante et le transgène. Les séquences de ces fragments de bordure sont malheureusement soit indisponibles car non déterminées par les firmes demandeuses, soit gardées confidentielles car fournies par les firmes seulement aux pouvoirs publics et non aux prestataires de services (Bertheau et Diolez, 1999).

Il est aussi possible de rechercher la protéine exprimée par le transgène. Pour cela, un test classique, type Elisa, est réalisé qui révèle une protéine donnée et reconnue.

La traçabilité des filières de productions de plantes transgéniques au plan national est une orientation forte du gouvernement français. Les autorités françaises sont convaincues de l'intérêt d'une telle démarche, car elle est à la fois un atout dans la valorisation de produits de qualité et une réponse sociale à la mondialisation des échanges (**http://www.agriculture.gouv.fr/alim/comm/fir8nani.htm, c).** La traçabilité est maintenue dans tous les maillons de la chaîne alimentaire tant que les produits ne sont pas considérés comme équivalents », (http://www.agriculture.gouv.fr/alim/part/cna.html, d 1997).

4. 4. Le principe de précaution :

Les états modernes ont mis en place une organisation de la prévention, avec la maîtrise des risques bien identifiés, pouvant faire l'objet d'une connaissance rationnelle et d'une couverture par les assurances.

4.4.1. La sécurité :

La sécurité est désormais perçue comme un droit. Le comportement de précaution vise **l'attitude à adopter envers des présomptions de risques dont l'existence n'est pas encore corroborée par la démarche scientifique** (Rouvillois, Le Fur, 1999).
Et les liens de causalité entre l'activité et le dommage craint ne sont pas avérés.

C'est une formulation empreinte de prudence. L'obligation de précaution ne préjuge pas du contenu des mesures à adopter qui relèvent implicitement des procédures usuelles de justification de l'action publique. Elle est seulement obligation de prise en considération du risque potentiel, ce dernier ne pouvant être écarté au motif de manque de preuves scientifiques.

4.4.2. Situation historique :

4.4.2.1. La conférence de Rio :

Lors de la conférence de Rio sur l'environnement et le développement en juin 1992, le principe de précaution appliqué aux OGM fut lancé :

« En cas de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitudes scientifiques absolues ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures visant à prévenir la dégradation de l'environnement ». Autrement dit, la précaution peut s'inspirer comme norme quand il y a menace de dommage graves ou irréversibles même en l'absence de certitudes scientifiques ». (Rouvillois et Le Fur, 1999).

4.4.2.2. La convention de Paris :

Puis lors de la convention de Paris pour la protection du milieu marin pour l'Atlantique nord en septembre 1992, l'existence de motifs raisonnables de s'inquiéter fut introduite :

« Principe selon lequel les mesures de prévention doivent être prises lorsqu'il y a des motifs raisonnables de s'inquiéter du fait des substances ou de l'énergie introduites directement ou indirectement dans le milieu, qu'elles puissent entraîner des risques pour la santé de l'homme, nuire aux ressources biologiques ou aux écosystèmes, porter attaque aux valeurs d'agréments ou entraver d'autres utilisations du milieu, même s'il n'y a pas de preuves concluantes d'un rapport de causalité entre les apports et les effets ».

Il précise que quand les risques sur l'environnement générés par une nouvelle découverte ne peuvent être précisément évalués, il convient de s'abstenir (Rouvillois et Le Fur, 1999).

4.4.2.3. La loi Barnier :

Puis vint la **loi 95/101** du 2 février 1995 (dite loi Barnier) sur le renforcement de la protection de l'environnement. Ce texte additionne les conditions à remplir pour la mise en œuvre du principe de précaution.. Le principe de développement économique et industriel est maintenu. Ce qui interdit de conclure à l'abstention devant l'incertain tout en cherchant à limiter ses conséquences nuisibles (Rouvillois et Le Fur, 1999).

4.4.3. La précaution :

Avant l'instauration de ce principe de précaution, le risque était appréhendé à posteriori. La démarche de précaution renverse cela en donnant le bénéfice du doute à l'environnement ou à la santé publique et non plus au producteur. Elle instaure aussi une présomption de dangerosité à l'égard de toutes nouvelles techniques au seul motif qu'elle engendre une incertitude scientifique. Elle implique alors le droit à l'information du public, voire un droit à la production d'informations. Ce n'est plus à la victime de prouver l'existence du dommage mais au fabricant de démontrer son absence (Laudon, 1999).

Tout le parcours de fabrication d'une plante génétiquement modifiée, depuis le laboratoire jusqu'à son entrée dans le commerce est réglementée.

4.4.3.1. Le confinement :

Il constitue la réglementation quant à l'utilisation d'OGM en laboratoire.

Il a quatre objectifs :
- respecter la réglementation sur les OGM,
- assurer la protection des personnels,
- privilégier la qualité des résultats,
- anticiper sur l'évolution prévisible des technologies et donc sur les futurs besoins de confinement.

La sécurité biologique des locaux sera assurée, du matériel et des pratiques avec quatre niveaux de confinements : L1, L2, L3, L4.

Les locaux affectés à la manipulation d'OGM ne devront pas servir à autre chose.

Les grands principes de l'agrément : (http : //www.lyon151.inserm.fr/RisGio/risk-bio-confinement.html):

a) il est préalable aux manipulations envisagées,
b) il est donné à une unité de recherche pour une combinaison précise d'éléments,
c) les OGM sont répartis en quatre classes de risques et deux groupes,
d) l'agrément donnera lieu à un classement de risques de manipulations et exigence de confinement pour la réaliser et héberger les animaux ou les plantes transgéniques. Il est donc donnée à une unité de recherche pour une combinaison précise d'éléments.

Le classement des OGM est à priori peu aisée, c'est pourquoi chaque cas est expertisé et classé par la CGG.

C'est le directeur de l'unité INSERM qui demande l'agrément avec la co-signature de l'administrateur délégué régional.
L'agrément est accordé à l'unité INSERM pour une combinaison donnée « locaux/ hommes/ projets ». La demande est adressée au ministère chargé de la recherche, la CGG.
La première demande d'OGM d'un groupe donné est faite quand il n'y a jamais eu d'utilisation d'OGM du groupe demandé ou si une déclaration d'utilisation d'OGM est faite dans le cadre des dispositions transitoires et qu'il va y avoir maintenant deux ans que la notification a été reçue.

Le décret n°93-773 du 27 mars 1993 avait institué des dispositions transitoires pour les laboratoires manipulant déjà des OGM à la date de la publication du décret.

Dans le dossier, un classement de risque de l'OGM est proposé. Le ministre fait expertiser par la CGG puis notifie l'agrément avec l'indication du classement de risque, les niveaux de confinement (L1, L2, L3, L4) adaptés aux circonstances et la durée de l'agrément. Le laboratoire ne peut pas commencer à travailler avant l'agrément.

Le public doit être informé quand il s'agit d'une première demande pour des OGM de classe 3 ou 4. Après la notification de l'agrément, un dossier d'information doit être déposé en mairie dans les trente jours selon une procédure précise. Dans les huit jours qui suivent la réception du dossier par la maire, le maire doit afficher un avis informant que le dossier est à la disposition du public.

L'utilisation d'OGM sans agrément entraîne de deux mois à un an de prison ainsi qu'une amende de 2000 à 50000 francs. La récidive entraîne deux mois à deux ans de prison ainsi qu'une amande de 20000f à 1000000f et le contrôle sur les installations.

Le transport et l'échange des OGM sont appelés à augmenter. Quelque soit l'OGM, le niveau de confinement ne doit pas être interrompu en conséquence. Quand l'OGM est expédié, il doit y avoir la photocopie des agréments OGM du destinataire. Pour une importation, c'est la douane qui demandera ceux de l'importateur.

4.4.3.2. L'agrément :

L'agrément d'une plante génétiquement modifiée doit s'accompagner d'une période complémentaire de surveillance avec possibilité de retrait du marché :

- l'autorisation de mise en culture est prévue seulement pour une variété ne présentant pas de risques de dissémination des transgènes dans l'environnement, ni de risques sanitaires pour la consommation,

- l'autorisation de mise en culture et la consommation n'est pas accordée aux variétés présentant des risques environnementaux et/ ou sanitaires ; les recherches sont alors poursuivies afin de maîtriser l'ensemble de ces risques,

- l'agrément d'une plante génétiquement modifiée doit s'accompagner d'une période complémentaire de surveillance avec possibilité de retrait du marché (comme c'est le cas aux USA),

- un suivi de longue durée au niveau environnemental sera assuré pour les cultures,

- les consommateurs doivent être informés par un étiquetage précis ,(http://www.environnement.gouv.fr/action/comminfos/dosdir/DIRGAD/ogm.htm, b, 1998).

4.4.3.3. Les difficultés :

Marie Angèle Hermite est juriste et directeur de recherche au CNRS. Elle a mis en exergue les difficultés rencontrées pour la mise en œuvre du principe de précaution pour le génie génétique (INRA, 1996).

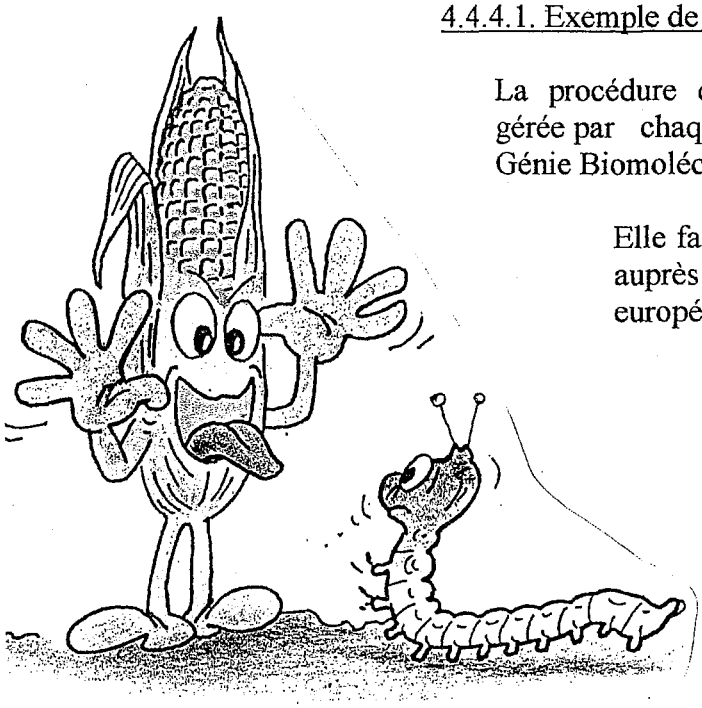
a) le contrôle est présenté d'un côté comme un outil du développement des biotechnologies et de l'autre comme un facteur d'angoisse,

b) les scientifiques établissent clairement qu'il n'y a pas de risques particuliers liés aux OGM et en concluent qu'une réglementation spécifique n'est pas nécessaire ce pourquoi on avait fait appel à eux,

Ni la directive européenne, ni la loi française ne donnent le moindre guide sur le risque admissible. Aucune réflexion existe sur le rapport entre la fréquence de réalisation du risque et l'importance des dommages engendrés par ce risque.

4.4.4. La procédure d'évaluation :

4.4.4.1. Exemple de la France :



La procédure d'évaluation du risque santé-environnement est gérée par chaque état. En France, c'est la **CGB** (Commission de Génie Biomoléculaire).

Elle fait appel à plusieurs instances scientifiques, situées auprès de la France, dans les autres états de l'Union européenne et auprès de la commission européenne :

La CGG (Commission de Génie Génétique), selon la loi 92-654 du 13 juillet 1992 est une instance consultative scientifique placée auprès des ministres en charge de la recherche et de l'environnement. Elle évalue, quand les OGM sont en milieu confinés, les différences que présentent les modifications de leurs génomes et regarde de près les procédures de génie génétique utilisées.

Source : confédération française des semenciers, 1997

Elle impose aussi que les OGM, au stade de confinement, soient manipulés dans des locaux agrées et les contrôle pour les pouvoirs publics.

De plus, elle impose les bonnes pratiques de biosécurité comme le préconise l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (OCDE).

Elle effectue l'analyse des dangers et risques présentés par les éléments du trinôme organisme donneur-système vecteur-organisme receveur permettant d'établir les dangers offerts par chacun d'eux.

Elle établie la nature et le niveau des barrières physiques et des modalités expérimentales qui protègent à la fois l'expérimentateur, la population et l'environnement. Elle est saisie par les ministères compétents et évalue les dossiers d'agréments au niveau scientifique et technique.

Mais de tels dispositifs sont encore circonscrits aux pays technologiquement avancés. Il est rappelé que pour la mise en œuvre d'un OGM, le risque n'est jamais nul (Anonyme, 1997 a).

La CGB est la commission d'étude de la dissémination des produits issus du génie biomoléculaire.
C'est une instance consultative scientifique crée en 1985 et placée auprès des ministères en charge de l'agriculture et de l'environnement depuis les directives et la loi n°92-654 de 1992 (INRA, 1996). Sa composition est paritaire : onze scientifiques, huit non scientifiques. Elle évalue les risques lors de la mise en champ
(http://www.agriculture.gouv.fr/alim/ogm/comm/fir8prcg.html, e).

Le dossier scientifique de demande de dissémination de l'OGM, une fois constitué et transmis par le pétitionnaire à la CGB qui en accuse réception. Le secrétariat de la CGB en fait tout d'abord une lecture de recevabilité.
S'il est accepté, le dossier est ensuite expertisé avec minutie par trois « rapporteurs internes », membres de la CGB, et par un « rapporteur externe » spécialisé, choisi dans une liste de plus de deux cent personnes compétentes. A l'issue de cette expertise, le rapporteur spécialisé présente le dossier et les commentaires qu'il lui inspire, à tous les membres de la CGB lors d'une réunion plénière à laquelle le pétitionnaire est invité à répondre aux questions que suscitent son projet. Un débat ouvert et contradictoire s'opère entre le rapporteur externe, les rapporteurs internes et les autres membres de la CGB, au cours duquel le président de l'instance s'efforce de dégager un consensus.
Puis le dossier peut être rejeté. Il peut, et c'est le cas le plus fréquent, faire l'objet d'une demande de travaux complémentaires.
Il peut enfin recevoir un avis favorable, souvent assorti de recommandations et de précautions à respecter, transmis au ministre de l'agriculture et de la pêche, qui décide ou non de lui donner suite
(http://www.agriculture.gouv.fr/alim/ogm/comm/fir8prcg.html, e).

- **L'AFSSAPS** est un établissement public de l'Etat français crée par la loi n°98-538 du 1er juillet 1998 relative au renforcement de la veille sanitaire et du contrôle de la sécurité sanitaire des produits destinés à l'homme. Elle est opérationnelle depuis avril 1999. Le décret n°99-242 du 26 mars 1999 précise son organisation et son fonctionnement (http://agmed.sante.gouv.fr/htm/1/110c.htm).
L'AFSSAPS participe à l'application des lois et règlements relatifs à l'importation, aux essais, à la fabrication, à la préparation, à l'exportation, à la distribution en gros, au conditionnement, à la conservation, à l'exploitation, à la mise sur le marché, à la publicité, à la mise en service ou à l'utilisation des produits à finalité sanitaire destinée à l'homme et des produits à finalité cosmétique ou d'hygiène corporelle .
Elle est membre du Conseil National de Sécurité Sanitaire instauré par la loi du 1er juillet 1998 et présidé par le ministre en charge de la santé ; elle se trouve sous la tutelle des ministères chargés de la santé, de l'agriculture et de la consommation (Anonyme, 1999 f).

- **Le comité technique permanent de la sélection végétale (CTPS) :** est une instance consultative auprès du ministère en charge de la santé. Il se prononce sur la sécurité alimentaire et nutritionnelle (Rouvillois et Le fur, 1999).

- **L'Institut de Veille Sanitaire** est un établissement public de l'Etat crée par la loi afin de renforcer le dispositif de sécurité et de veille sanitaire en France. Il succède au Réseau National de Santé Publique et est placé sous la tutelle du ministre chargé de la santé;
Sa mission est de surveiller en permanence l'état de santé de la population et son évolution. Cette mission repose plus spécifiquement sur des activités de surveillance épidémiologique, d'évaluation des risques et d'observation de la santé (http://www.rnsp-sante.fr/presentation/index.html).

4.4.4.2. Aux Etats Unis :

Aux USA, l'administration a développé depuis 1987 un système de suivi et de contrôle des manipulations génétiques dans le secteur agricole et alimentaire. Trois agences fédérales sont concernées :

- l'United States Department of agriculture **(USDA)** par l'intermédiaire de l'Animal and Plant Inspection Service **(APHIS),**

- **la FDA** (Food and Drug Aministration) qui est un service du ministère de la santé,

- l'Environmental Protection Agency (EPA) qui dépend de la maison blanche,

L'APHIS réglemente les mouvements inter-états, l'importation et les essais en culture des OGM qui peuvent causer des maladies des végétaux ou constituer par eux même une maladie

La FDA réglemente les additifs et les nouveaux aliments. Elle est compétente en matière d'étiquetage. Elle a pris position contre l'identification obligatoire des produits génétiquement modifiés, car elle les considère comme assimilables aux produits traditionnels.

L'EPA réglemente la distribution, la vente, l'usage et l'évaluation des pesticides. Elle établit des seuils de tolérances pour les quantités de résidus de ces pesticides dans les produits végétaux récoltés. Elle classe les OGM résistants aux maladies ou aux insectes comme autant de pesticides et intervient dans leur agrément.

L'APHIS et l'EPA réglementent et surveillent les expérimentations en culture. La FDA intervient s'il apparaît une différence au point de vue risque sanitaire entre les produits traditionnels et les OGM.

Rien n'oblige pour l'instant un commerçant à déclarer toutes les caractéristiques génétiques du produit qu'il vend ou achète (Miller, 1999).
L'USDA a déjà autorisé la mise en culture d'une cinquantaine de plantes transgéniques (Philipon, 1999).

4.4.5. Les dossiers :

En 1997, selon le titre B de la directive 90/220, la principale activité de la CGB a concerné les plantes transgéniques. Mais elle a aussi examiné des dossiers de thérapie génique, de

vaccins vétérinaires, de micro-organismes destinés à l'alimentation humaine ou à l'industrie de fermentation.

Elle a examiné 132 dossiers en 1997 dont :

- 117 demandes d'autorisation de disséminations au niveau recherche et développement ou des demandes d'avis,
- 108 dossiers concernaient des dissémination de plantes, trois de thérapie génique, un vaccin vétérinaire et quatre produits recombinés de micro-organismes.

Pour les plantes, 42 dossiers concernaient du maïs, 24 du colza, 19 des betteraves, 15 du tabac, 3 du tournesol, 2 des pommes de terres, 2 du soja, 1 du peuplier, 1 de la tomate et 1 du blé.

Cinquante six de ces dossiers concernaient une tolérance aux herbicides, vingt sept une tolérance aux pestes, trois la stérilité mâle, huit modifications qualitatives et quinze divers (http://www.agriculture.gouv.fr/alim/ogm/comm/cgb97-1htm, a, 1997).

Sur 109 dossiers examinés, seules cinquante et une disséminations à des fins de recherche et développement ont été mises en œuvre en 1997.

Selon le titre C de la directive 90/220, quinze dossiers de demande de mise sur le marché ont été examiné en première lecture.

Pour la plupart de ces dossiers, la CGB a demandé des compléments d'informations afin de pouvoir émettre un avis motivé (http://www.agriculture.gouv.fr/alim/ogm/comm/cgb97-1htm, a 1997).

4.4.6. Les difficultés :

Marie Angèle Hermite pense que la modalité de désignation des membres de la CGB est douteuse. La procédure de travail n'offre pas la garantie d'une procédure contradictoire et ne permet pas de disposer d'avis motivés et opposés.

La CGB est chargée d'évaluer les risques de la dissémination dans l'environnement et ne compte parmi ses membres ni écologues ni malherbologues (INRA, 1996).

La CGB ne comprend pas de représentants d'associations de protection de la nature, ni de représentant des associations de consommateurs, comme il était prévu par la réglementation française (INRA, 1996). Dans les rapports d'activité, de ce fait, il n'y a jamais d'opinion dissidente.

L'autorisation de dissémination est donnée par le ministère de tutelle. Pour les plantes, c'est le ministère de l'agriculture, le plus logique aurait été de donner la tutelle au ministère de l'environnement

De plus, ces ministères ne sont pas dotés d'une capacité d'expertise. Toute l'expertise est concentrée dans les mains de la CGB, alors que s'il y a un problème, ce seront les ministères que l'on retrouvera devant les tribunaux. De même, il n'y a jamais eu de concertation entre associations et leur représentants à la CGB sur les doctrines à faire valoir, sur les risques inacceptables.

Les représentants sont mal choisis : par exemple, le représentant agricole est un industriel et les deux postes de secrétaires sont tenus par le ministère de l'environnement et de l'agriculture.

De nombreuses recherches sur les risques sont financées directement par contrat entre l'industrie et une équipe de recherche.

La CGB accepte les risques avérés lorsqu'ils ne sont pas considérés comme excessifs. C'est ainsi par exemple qu'elle reconnaît, à l'issue de l'expérimentation qu'un gène de résistance à un herbicide se transmet effectivement aux populations sauvages de chicorées.
Les risques de certains OGM sont évalués, mais pas les aliments produits à partir d'OGM, ni les animaux nourris aux OGM (http://www.agriculture.gouv.fr/alim/ogm/comm/cgb97-1htm, a 1997).

Le gouvernement français a décidé en novembre 1997 de renforcer le dispositif de contrôle des plantes transgéniques et d'information des citoyens par la même occasion.
Il prévoit une conférence de consensus à venir avec l'office parlementaire d'évaluation scientifique et technologique.

La CGB renforce la participation des associations environnementales et des représentants des consommateurs et améliore les conditions du débat dans cette enceinte.

L'évaluation des risques sanitaires liés au développement des OGM est confiée à l'AFSSAPS.
L'avis du ministère chargé de la santé sera systématiquement requis au stade de l'autorisation. Une plus grande transparence de l'ensemble des procédures d'agrément sera garantie.
Un dispositif de biovigilance est mis en place, pour les variétés autorisées. Il permettra de suivre les risques éventuels de développement de résistances dans les espèces végétales ou les organismes prédateurs
(http://www.environnement.gouv.fr/action/comminfos/dosdir/DIRGAD/ogm.htm, b 1998).

4.5. Autorisation de mise sur le marché :

Celui qui demande l'autorisation doit apporter la preuve scientifique aux membres de la CGB que sa « nouvelle construction scientifique » est inoffensive aussi bien pour la santé publique que pour l'environnement. Alors, il doit constituer, généralement durant plusieurs années, un volumineux dossier qui nécessite un investissement d'en moyenne plusieurs millions de francs. Le demandeur doit, en effet, mener des travaux de recherches pluridisciplinaires très pointus, lui permettant de répondre à différentes exigences scientifiques.

Les procédures distinguent l'utilisation en milieu confiné comme en laboratoire, serre ou hors sol et la dissémination à des fins d'expérimentation en champs. Celles-ci peuvent être autorisées par les autorités nationales.

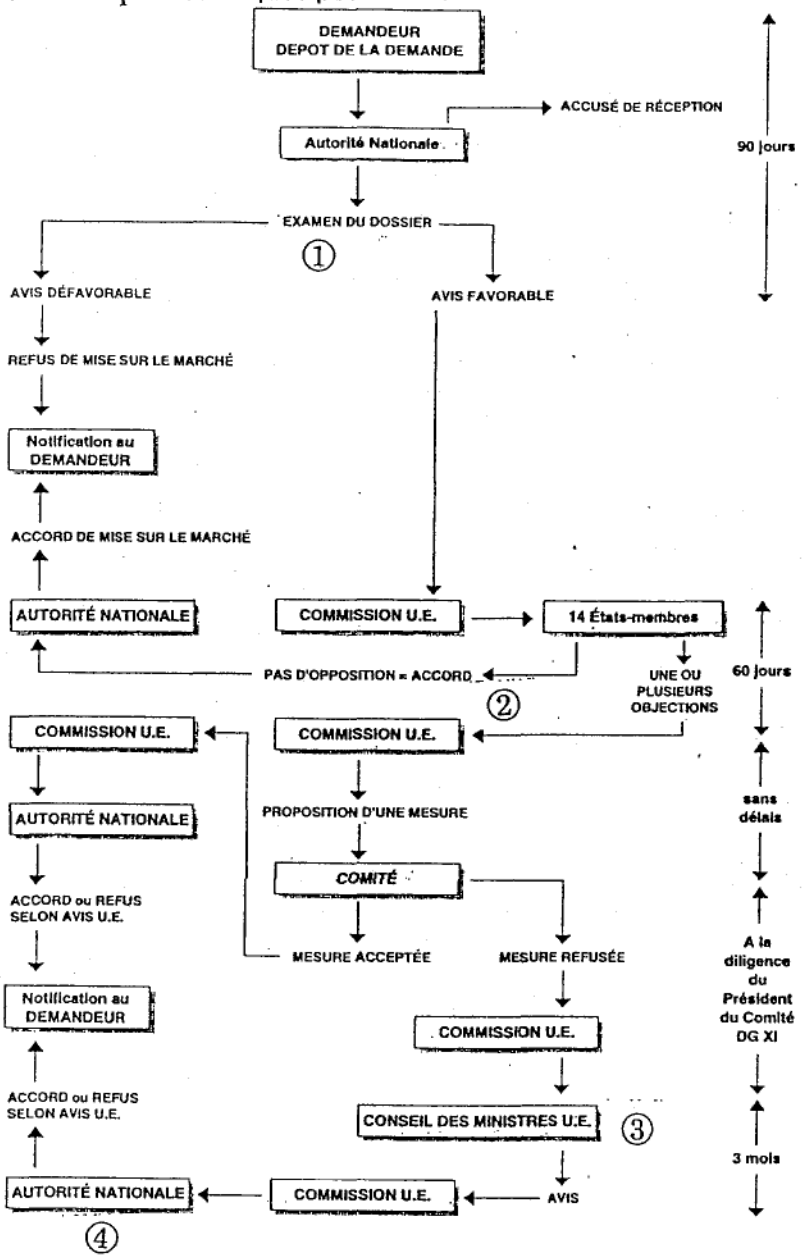
En France, se sont respectivement la **CGG** et la **CGB** qui en sont chargées (Anonyme, 1997 a).

4.5.1. L'autorisation de mise sur le marché en Europe : (Figure 16) :

4.5.1.1. Les comités et commissions :

Elle est délivrée par la commission européenne, sur proposition d'un état membre et après avis des autres états membres.

Il n'est pas possible en France et dans l'Union européenne, de commercialiser des OGM sans qu'ils n'aient reçus au préalable une AMM accordée après une longue et complète évaluation scientifique des risques potentiels.



Source : Rapport d'activité CGB 1997.
1 - saisine de la CGB + saisine AFSSA pour risques alimentaires et nutritionnels.
2 - concertation désormais obligatoire des comités scientifiques.
3 - le Conseil doit se prononcer à l'unanimité si la Commission n'est pas favorable à la proposition du comité 21 et à la majorité qualifiée si celle-ci est favorable à la décision (délai trois mois).
4 - pour les variétés nécessitant une inscription au catalogue (CTPS), publication d'un arrêté.

Figure 16 : Procédure d'autorisation de mise sur le marché d'OGM, (Rouvillois, Le Fur, 1999) :

Il convient de préciser la lourdeur et la complexité des procédures à mettre en œuvre dès que la recherche porte sur les organismes vivants génétiquement modifiés.

Quelque soit l'approche adoptée, (USA ou Europe), le principe de précaution guide l'autorisation qui est accordée au cas par cas après évaluation des risques (Rouvillois et Le Fur, 1999).

Les dossiers sont adressés à **l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments et des Produits de Santé (AFSSAPS)**, qui, suivant les phases les redistribue pour instruction à plusieurs comités d'experts. L'AMM n'est accordée qu'au terme d'une procédure gérée par la commission.

Une entreprise qui souhaite commercialiser un OGM, dépose un dossier technique auprès de l'autorité compétente de l'Etat membre. Celle-ci évalue les risques pour la santé et l'environnement et adopte un avis dans un délai maximum de quatre vint dix jours.
Tous refus doit être motivé.

4.5.1.2. Avis favorable :

Si l'avis est favorable, elle transmet le dossier à la commission européenne qui l'envoie immédiatement aux autorités compétentes des autres états membres. Si les autres états membres ne soulèvent pas d'objection pendant un délai de soixante jours, l'autorisation sera accordée par l'autorité compétente.

En revanche, **si une objection est soulevée** par un autre état membre, l'autorisation ne pourra être donnée que par une décision de la commission.

La commission est assistée par un comité d'experts se prononçant à la majorité qualifiée, composé de représentants des états membres et présidé par le président de la commission.

4.5.1.3. Avis défavorable :

Si les mesures envisagées ne sont pas conformes à l'avis du comité, ou en cas d'absence de celui-ci, la commission soumet au conseil une proposition relative aux mesures à prendre.

Le conseil dispose alors de trois mois pour statuer, à l'unanimité si la commission n'est pas favorable et à la majorité qualifiée si la commission est favorable à la décision.
Si le conseil ne se prononce pas dans ce délai, les mesures arrêtées sont arrêtées par la commission.

4.5.1.4. Liberté du pays membre de l'union européenne :

Quand il existe des raisons valables de considérer qu'un produit autorisé par un autre état membre présente des risques pour la santé publique ou pour l'environnement, l'autorité administrative peut en limiter ou en interdire, à titre provisoire, l'utilisation de la mise en oeuvre (clause de sauvegarde appliquée par l'Autriche, le Luxembourg et la France qui a adopté un moratoire de deux ans pour le colza).

Pour la mise sur le marché, l'industriel choisit un pays de première mise sur le marché. Il demande l'autorisation de la commission d'évaluation de ce pays, puis celle-ci le transmet à

ses homologues, chacun ayant le droit de critique. Comme il y a toujours désaccord, il y a ensuite recours à un comité d'experts rassemblant des experts de chaque état (Hermite, 1997) .

4.5.1.5. Les critiques :

Dans sa résolution du 8 avril 1997, le parlement européen constate que lors de l'examen par le conseil, les autorités nationales compétentes n'ont pu se mettre d'accord suite à la demande d'AMM du maïs de Ciba Geigy. La commission a statué en dépit du fait qu'une large majorité d'Etats membre (13/15) étaient opposés à la mise sur le marché. L'AMM du maïs a été autorisé car la commission était favorable à cette décision (Rouvillois et Le Fur, 1999).

Il peut y avoir une autorisation de dissémination large à l'échelon européen, or il existe différents écosystèmes et il n'est pas possible de tous les étudier. Il faudrait une autorisation par écosystème, mais cela reviendrait trop cher.

Les industriels cherchent à faire des catégories de constructions génétiques pour donner l'autorisation par catégorie, ceci afin d'alléger la procédure . Mais il n'est pas possible de catégoriser la diversité des relations entre les OGM et les écosystèmes. La procédure va d'étapes en étapes, en prouvant qu'il n'y a pas de risques, puis c'est le confinement. Or, dans la pratique, la procédure passe directement de la situation confinée au champs (Hermite, 1997)...

La procédure d'autorisation de plantes transgéniques est donc soumise à des contraintes très strictes, mais il reste encore quelques points à régulariser.

4.5.2. Les plantes autorisées :

A l'heure actuelle, ces autorités ne permettent pas de cultiver ces plantes pour un usage agricole étendu en Europe :

- pour le tabac, l'herbicide n'est pas homologué,
- le colza et la chicorée sont réservés à la production de semences, bien qu'une extension d'usage soit en cours d'examen pour chacune,
- Monsanto a limité sa demande sur le soja à l'usage d'importation,
- le maïs n'a pas obtenu son inscription sur le catalogue officiel des variétés,
- le gouvernement autrichien a interdit le maïs *Bt* de Monsanto,
- Bruxelle a suspendu le processus d'autorisation d'un maïs *Bt* de Pionner Hi Bred (Anonyme, 1999 e).

4.5.3. Aux USA :

Aux USA, les autorisations sont plus largement délivrées. Mais il convient de noter que l'autorisation de mise sur le marché du maïs *Bt* de Novartis, par exemple, n'est que provisoire jusqu'en 2002 et conditionnelle à l'application d'un plan de gestion de la résistance du prédateur du Maïs à la toxine *Bt* (Apoteker, 1997).

4.5.4. La propriété intellectuelle :

Les plantes transgéniques représentent une nouvelle filière d'innovation. La stratégie des entreprises et les programmes associant recherches publique et privée montrent que les

brevets jouent un rôle important dans le développement des biotechnologies. La question se pose alors de la brevetabilité du, Le vivant (Rouvillois Fur, 1999).

Un brevet peut-il porter sur des gènes identifiés, des constructions géniques ou des OGM? Ceux-ci soulèveront probablement de très importantes questions de propriété industrielle et de disponibilité du matériel biologique pour les sélectionneurs.

L'aboutissement récent de la négociation du GATT et la signature de la Convention sur la diversité biologique ont placé les droits de propriété intellectuelle au premier plan des relations Nord-Sud.

Les décisions prises en la matière, notamment en ce qui a trait aux ressources du règne végétal, ont d'importantes implications pour la sécurité alimentaire, l'agriculture, le développement rural et l'environnement de tous les pays, au Nord comme au Sud. Pour ces derniers en particulier, l'incidence de la propriété intellectuelle sur les agriculteurs, les sociétés rurales et la biodiversité revêtira une extrême importance.(Un brevet pour la vie, The Crucible Group, 1994)

4.6. La biovigilance :

La CGB a demandé aux pouvoirs publics de faciliter la mise en place d'un système de surveillance environnementale sur quatre ou cinq ans dès la mise sur le marché de plantes transgéniques.

4.6.1. Sa fonction :

Celui-ci devait porter notamment sur la surveillance de la diffusion :
- des gènes de résistance aux herbicides dans les espèces adventices en particulier,

- des gènes de résistance aux insecticides chez les insectes, (http://www.environnement.gouv.fr/infoprat/comites/cpp/ogm.htm, a, 1997).

Il a pour objet d'assurer leur traçabilité, de « collecter des informations sur leur comportement et leurs effets non conventionnels » et de « suivre les possibilités théoriques d'apparition d'événements défavorables sur l'environnement lors de leur utilisation à grande échelle ».

Il se prononce sur « les protocoles de suivi d'apparition d'éventuels événements défavorables à mettre en place », ainsi que sur la mise en œuvre de ces protocoles sur les diverses expérimentations qu'il convient de mener.

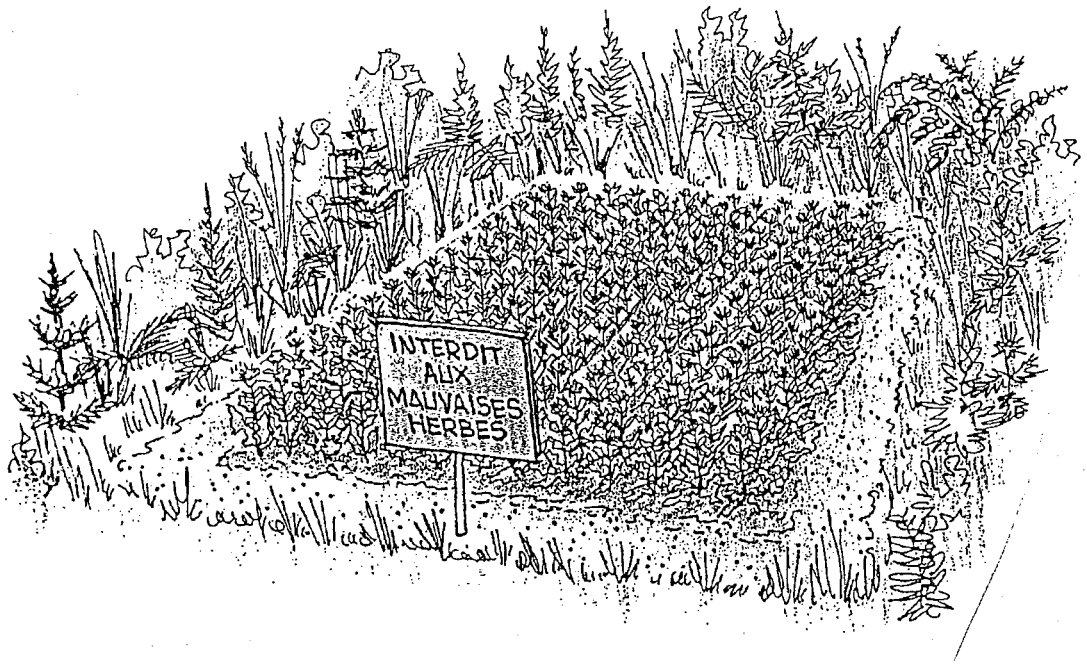
Le suivi doit être contrôlé par les pouvoirs publics et doit assurer l'ensemble de la filière (http://www.agriculture.gouv.fr/alim/ogm/comm/cgb97-1htm, a 1997).

4.6.2. Sa création :

Un comité provisoire de « biovigilance » sur les variétés de maïs génétiquement modifiés, réunissant des scientifiques de renom, des représentants de la société civile (agriculteurs, consommateurs, associations de protection de la nature), professionnels et administrations

compétentes, a été installé **dès le 10 mai 1998**, pour rendre avis auprès des ministres en charge de l'agriculture et de l'environnement sur l'organisation de ce système.

4.6.3. Les réalisations :



Source : confédération française des semenciers, 1997

Des agents chargés de la protection des végétaux au ministère de l'agriculture et de la Pêche ont été habilités pour cinq ans à « rechercher et à constater, sur l'ensemble du territoire national, les infractions relatives à la dissémination volontaire dans l'environnement de produits phytopharmaceutiques, de plantes, de semences et de plants composés en tout ou en partie d'OGM », **par l'arrêté du 3 juin 1998.**
La future loi, telle qu'elle a été adoptée par le sénat le 2 février 1999 prévoit en effet dans son volet « surveillance biologique du territoire » l'organisation d'un système proche de celui actuellement réalisé par le comité de bivigilance
(http://www.agriculture.gouv.fr/alim/ogm/disp/welcome.html, f, 1999).

Des procédures permettant le contrôle de la dissémination volontaire d'OGM dans l'environnement ont été élaborées. Elles ont été mises en œuvre sur deux cent sites répartis dans sept régions.

Le « dispositif de traçabilité permettant de suivre la commercialisation des semences de maïs rendus tolérants à la pyrale par modification génétique » a été mis en place.

La firme détentrice de l'AMM doit transmettre au ministère la liste des distributeurs ayant reçus des semences génétiquement modifiées et les quantités délivrées.
Ensuite, les parcelles cultivées avec des semences génétiquement modifiées sont repérées et identifiées.
Le comité de biovigilance a donc été crée pour surveiller les conditions de recherche des industriels.

4.7. Les responsables :

Les textes réglementaires sur les OGM sont fondés sur le principe de précaution et n'abordent pas le problème de responsabilité. Ils traitent en fait du risque a priori et non du risque a posteriori.

4.7.1. La responsabilité civile :

Si la législation encadre la mise sur le marché des OGM ou des produits issus d'OGM, elle ne prévoit aucune responsabilité civile susceptible de s'appliquer dans l'hypothèse où cette mise sur le marché serait à l'origine d'un dommage écologique ou sanitaire.

La loi 98-389 du 19 mai 1998 relative à la responsabilité du fait des produits défectueux ne peut pallier les conséquences de ce dommage. En effet, ce texte prévoit que le producteur peut être exonéré de sa responsabilité, lorsque l'état des connaissances scientifiques au moment de la mise en circulation du produit ne permettait pas de déceler l'existence du défaut (exonération pour risque de développement).

Des réflexions sont en cours sur ce point. La conférence de citoyens a considéré qu'il était nécessaire d'avoir dans la loi ci-dessus mentionnée une présomption de responsabilité et de culpabilité de la part de celui qui introduit dans la nature ou sur le marché un produit OGM.

Le parlement européen, en juin 1998, puis en février 1999, a estimé que les utilisateurs d'OGM devaient assumer une responsabilité totale à l'égard des dommages éventuels aux personnes et à l'environnement en contractant une assurance d'un montant suffisant pour couvrir les pertes éventuelles. A l'heure actuelle, les compagnies d'assurance ne sont pas prononcées sur le sujet.

4.7.2. Responsabilité administrative :

La **loi du 13 juillet 1992** n'envisage pas les recours à l'encontre de l'autorité administrative. En se basant sur le régime applicable à des polices spéciales pour la protection de la santé publique ou de l'environnement (loi du 19 juillet 1976 relative aux installations classées), le recours en annulation contre une autorisation de dissémination volontaire ou de mise sur le marché de produits contenant des OGM est possible, mais le juge compte tenu de la technicité du dossier, n'exercera qu'un contrôle réduit.

La responsabilité administrative peut être engagée en cas de faute de l'état, dans la surveillance des installations utilisant des OGM. La faute pourrait résulter de l'illégalité de la décision autorisant la dissémination volontaire d'OGM et pour la carence des services de contrôle des sites de dissémination.

Il conviendra d'attendre la décision de la Cour de justice des communautés européennes portant sur le consentement écrit. Elle concerne la compétence de l'autorité nationale et déterminera les recours possibles.

L'étude de la réglementation met en évidence que tout au long de la chaîne d'examen des dossiers prévaut le principe de précaution. Cependant, cette réglementation ne précise pas suffisamment un certain nombres de points : expertise, transparence, responsabilité,

étiquetage. Les industriels dans leurs actions doivent en outre tenir compte du contexte qui évolue régulièrement (Rouvillois, Le Fur, 1999).

La réglementation en matière d'OGM a suivi un parcours original. En effet, c'est la première fois que le risque de développement d'un produit est considéré à priori, et ceci quelque soit le pays considéré, malgré que persistent des différends.
Il reste à espérer que les efforts en matière de prévention ne soient pas vains.

Thèse soutenue par : Melle CHEVALLIER Catherine

Transgénèse végétale : quelles craintes pour l'avenir ?

Conclusions :

Les industriels agro-alimentaires ont beaucoup investi dans la recherche de plantes transgéniques car elles permettent de réaliser des produits à la carte : céréale contenant un acide aminé supplémentaire, maïs résistant à un herbicide particulier ou bien encore une légumineuse avec plus d'acide oléique...

Elles constituent un progrès par rapport à l'hybridation car il est possible d'incorporer uniquement le gène désiré, de manière assez précise et en un temps beaucoup plus court. La production de ces organismes génétiquement modifiés (OGM) correspond aux besoins des entreprises agro-alimentaires d'aujourd'hui.

L'accueil de ces nouveaux aliments a été plutôt mitigé dans l'opinion publique. Aux USA, leur entrée dans les magasins dès 1994 n'a posé aucun problème. Par contre, les premières cargaisons de soja transgénique arrivées en Europe ont provoqué un véritable tollé dans l'opinion publique. Il faut dire que le contexte n'était pas le même en Europe : les OGM sont arrivés juste au moment où ont éclaté les affaires de la vache folle et du sang contaminé. De plus, les européens sont par culture, très attachés à une nourriture de qualité. Les médias se sont saisis de l'évènement pour faire une critique assez sévère des OGM.. De ce fait, une polémique s'est engagée entre défenseurs et détracteurs de ces plantes.

A l'heure actuelle, personne n'est capable d'affirmer si les risques liés aux OGM sont réels ou exagérés. Peu d'études sont publiées à ce propos et la plupart sont soumises à controverse Par ailleurs, le débat public a devancé les travaux de recherche. La question qui se pose est : Est-ce que tout est mis en œuvre pour savoir la vérité ? C'est à dire : est-ce que des recherches sont vraiment menées ? Et quelle est la fiabilité des résultats ?

Au niveau réglementaire, des dispositions sont prises depuis longtemps afin de protéger le consommateur. Sont-elles suffisantes ? Personne ne sait.

Il est encore trop tôt pour pouvoir se prononcer sur l'avenir de la transgénèse dans l'alimentation au niveau économique comme au niveau de l'opinion publique. Les conséquences sur la santé ou l'environnement restent floues pour l'instant. Il est évident que les industriels devront revoir leur mode de communication pour retrouver la confiance des consommateurs à ce propos.

Vu et permis d'imprimer

Le Doyen : P. Demenge

Le président de thèse : P. Guiraud

UNIVERSITÉ JOSEPH FOURIER - GRENOBLE
FACULTÉ DE PHARMACIE

Bibliographie

Bibliographie :

1. Périodiques et livres :

Abel P, NelsonR.S., Hoffman, Rojers S. G., Fraley R. T ., Beachy P.N., : « Delay of disease development in transgenic plants that express the tobacco mosaic virus coat gene », *Science*, 1986, **232** : 737-743

Abbott A. : « Complexity limits the powers of prediction », *Nature*, 1996, **379** : 390

Acar J. et Courvalin P. : « La fin de l'âge d'or des antibiotiques », *La Recherche*, 1998, **314** : 52

Apoteker A. : « Il faut un moratoire sur les disséminations d'OGM dans l'environnement », 1997, *Biofutur*, **172** : 71-72

Algoud D. et Joly P. : «SOS plantes transgéniques : Une nouvelle filière en péril », *Biofutur*, 1995, **144** : 23-26

Astwood JD., Leach N. et Fuchs L. : « Stability of food allergens to digestion in vitro « , *Nature biotech*, 1996, **14**, 1269-73

Baudin S. : « Les biotechnologies, des promesses d'avenir », *Les agriculteurs de France*, 1997, **106** :14-16

Benglisson O.B. : « Pros and con of foreign genes in crops », *Nature*, 1997, **385 :** 290

Berclan J.P. et Lervontin R.C. : « Racket sur le vivant, la menace du complexe génético-industriel », 1998, *Le Monde diplomatique*, **535**, 32-37

Bertheau Y. et Diolez A. : «Les aliments passés au crible », *Biofutur*, 1999, **192** : 27-32

Bertola F., Simonet P., « Résistance aux antibiotiques », *Biofutur*, 1999, **33** : 31-33

Bertola F. et Simonet P. : « Horizontal gene transfers in the environment : natural transformation as a putative process for gene transfers between transgenic palnts and microorganisms », *Res . Microbiol.*, 1999, **150**, 375-384

Berlan JP et Lewontin R. : "La menance du complexe génético-industriel", Le monde diplomatique, 1998, dec., 22-23

Browaeys B. : « L'étiquetage des nouveaux aliments est un leurre », *La recherche*, 1997, **299** : 34-36

Casse F., Brygoo Y., Chupeau Y. : « La commission du génie biomoléculaire » *In* Plantes transgéniques : enjeux et risque, mai 1997, CNR

Chercheurs citoyens : « Génie Génétique, des chercheurs citoyens s'expriment », édition sang de la terre, Paris, 1997
Chevre A.M., Hébert F., Renard M. : « Colza transgénique et risques environnementaux », *Biofutur,* 1997, **172 :** 44-48

Chevre A.M., Eber F., Renard M. : « Plantes génétiquement transformées : quels risques de dissémination des gènes dans l'environnement ? », *In* Organismes génétiquements modifiés à l'INRA, ATHENA, Paris, 1998

Cheveigne S. : « OGM, un faux pas publicitaire », *Biofutur,* 1998, **181** : 38-40

Mc Clintock B. : « The discovery and characterization of Transposable Elements » ; The Collected Papers of Barbara Mc Clintock, Garland Publishing, New York, 1987

Commission européenne : « Les européens et la biotechnologie moderne, eurobaromètre 461 », Science Research development, 1997, Office des publications officielles des communautés européennes

Confédération Française des Semenciers : « Plantes et biotechnologies, de nouvelles réponses aux besoins des hommes », 1996, Paris

Confédération Française des Semenciers, Groupement Interprofessionnel des Semences et Plantes et l'Union Iindustries de Protection des Plantes : « Les plantes génétiquement modifiées, une clé pour l'avenir », 1997, Saint Denis de la plaine

Cokson O. et Houlder V. : « Inoffensifs les OGM, en principe », *Courrier international,* 1999, **435**

Coroller C. : « Attention OGM : l'étiquette », 2000, Libération, 10/04/2000 : 2

Couverlin P. : « Plantes transgéniques et antibiotiques », *La Recherche,* 1998, **309** : 36-40

Couverlin P ., Goussard S., Grillot-Courverlin C., « Transferts de gènes des bactéries aux cellules de mammifères », Comptes rendus de l'académie des sciences- série III_ sciences de la vie, 1207-1212

CREDOC, « Enquête Comportement alimentaire des français », 1995

Darmency H., « Possibilité de croisement entre cultures transgéniques et plantes sauvages », *In* Génie Génétique, des chercheurs citoyens s'expriment, Edition Sang de la Terre, Paris , 1997 :103-116

Debré P., « La maitrise du vivant », éditions Dominos, Flammarion, France , 1998

Derry K., Mercer, Scott P., Bruce-Johnson A., Glover L.A.et Flint H.A. « Fate of free DNA and transformation of the oral bacterium streptococcus gordonii DL1 by plasmid DNA in human saliva » *Applied and Environmental Microbiology*, 1999, **65** : 6-10

Dumas C., Piolat F., Matthys-Rochon E., « En guise de conclusion : réflexion sur le maïs trasngénique », *In* Plantes transgéniques : Enjeux et risques, mai 1997, CNRS

ENITIAA : enquête « Les représentations des produits alimentaires », 1994, France
Falk W. et Bruening G., « Will transgenic crops generate niew viruses and news diseases ? » Sciences, 1994, **263 :**1395-1396

Flandrin J.L.et Montanari M.,: « Histoire de l'alimentation », 1996, Fayard, Paris

Fischer C. : « L'Omnivore », Paris, Odile jacob, 1993

Fischer C. « Alimentation, morale et société », 1996 *In* Giachetti Identité des mangeurs, image des aliments, Polytechnica, Paris : 31-54

Gaskell G., Barrer W., Durant J., Alum N.C.,« Worlds apart ? The reception of genetically modified foods in europe and the US », *Science*, 1999, **285** : 384-387

Gavazhan H. : « Citoyens cherchent responsables », *Biofutur*, 1998, **181** : 6-7

Gavazhan H. : « L'affaire Putzai », *Biofutur* ,1999, **191** : 38-40

Gavaghan H.: « Vague de protestation contre les OGM », 1998, Biofutur, **181** : 6

Greenpeace, « Le système écologique manipulé », Zurich, 1996

Gressel J. : « Tandem constructs preventing the rise of superweeds », *Trends in Biotech.*, 1999,**17**, 9 : 361-366

Gruyon, Petit, Tempé et Dessaux : « Transformed plants producing opsines specificially promote growth of opsine-degrading agrobacteria », Molec. Plant microbe interaction, 1993, **6** : 92-98

Gros F. : « L'ingénierie du vivant ». Odile Jacob. Paris. 1990

Groupe suisse de travail sur le génie génétique « Faits et arguments en faveur de l'initiative pour la protection génétique », Génial, Florianne Kolchini, Daniel Ammann, 1996

Guy P. : « Beaucoup d'applications actuelles des biotechnologies ne résisteront pas à l'épreuve du temps », 1997, *Biofutur*, **172** : 68-69

Guyau L. : « La FNSEA a été amenée à définir une position ouverte mais prudente face à ces nouveaux produits », *Biofutur*, 1997, **172** : 72-73

Habeit P. : « Le génie génétique testé dans les champs », *La recherche,* 1994, **270** : 1126-32

Hermite M.A. : « Les OHM et la précaution, comme un parfum de nostalgie » *In* Génie Génétique : des chercheurs citoyens s 'expriment, édition Sang de la terre, Paris, 1997

Hodgson J. : « Monarch Bt corn paper questioned », *Nature Biotech*, 1999, **17** : 627

Hutter et Manceau : « La stérilité artificielle chez les plantes : en avoir (un brevet) ou pas », *Biofutur*, 1999, **187** : 52-53

INRA : « Dossier de l'environnement », **12, 1996**

Kempf H., a, : « Monsanto n'utilisera plus de gènes de résistance aux antibiotiques », *La Recherche*, 1998, **309** : 9

Kempf H.., b :« L'OGM, le gouvernement et les experts », *La Recherche*, 1998, **306 :** 13

Lahlou S. : « Penser manger. Les représentations sociales de l'alimentation », 1995, Thèse de doctorat. Paris, Ecole des hautes Etudes en sciences Sociales.

Lambert J.L. : « Les mangeurs entre traditions et nouveautés : quelques spécificités du « marketing alimentaire », 1996 *In* GIACHETTI Identité des mangeurs, image des aliments. Polytechnica :151-173

Larpent-Gourgaud,.Sanglier : « Biotechnologies : principes et méthodes », Biosciences et tecnhiques, Doin Editeurs, Paris, 1992

Laudon A. : «Le principe de précaution », *Biofutur*, 1999, **192 :** 31

Le Déaut J.Y. : « De la connaissance des gènes à leur utilisation », Assemblée nationale, Automédon, Paris, 1998

Lehinan S. : « GM backlash leaves farmers wondering how to sell their crops », *Nature*, 1999,**401 :** 107

Losey E.J., Lend A., Rayor S., Ecarten M. : « transgenic pollen harms monarch larvae » *Nature*, 1999, **399** : 214

Mae Wan H. : « Le genie génétique : rêve ou cauchemar » *In* Des Chercheurs citoyens s'expriment, édition Sang de la Terre, Paris, 1997

Magier B., Krebbers E., Tingeg S. : « Plant Biotechnology : Food ans feed », *Science*, 1999,**285** : 367-389

Magun B. : « Technology issues in plant development », *Nature Biotech*, 1999, **17**, suppl. BV : 9-10

Mann C. : « Biotechs goes wild », *Technology review*, july-august 1999 : 37-43

Massod E. , a « Britain reassures critics on risk research », *Nature*, 1999, **397** : 636

Massod E., b : « US group over approval of Bt crops.», Nature, 1999, **397** : 636-637

Matti C. : « Consommateurs, agriculteurs, quels bénéfices ? », 1997, *Agroperformances*, HS **n°2** : 24-29

Mayer S. : « Why Technology based regulations don't work », *Nature_Biotech.*, 1996, **14** : 1630

Mercer D.K., Scott K.P., Bruce-Johnson W. A., Glover L.A. and Flint J.H., « Fate of free DNA and transformation of the oral bacterium strptococcus gordonii DL1 by plasmid DNA in human saliva », *Applied and Environmental microbiology*, 1999, **65**,1 : 6-10

Messean A. : « Evaluer les conséquences des plantes transgéniques pour l'agriculture ».*Chambre d'agriculture*, 1997, **855**, Suppl.I : 5-9

Mikkelsen, R.T. Baggen Jorgenot R., Anderson B. : « The risk of crop transgene spread », *Nature*, 1999, **380** : 31

Miller H. : « A rational approach to labeling biotech-derived food », *Science*, 1999, **284** : 1471

Moneret Vautrin D.A. ,« Les allergènes alimentaires et leur modification par les technologies agro-alimentaires », Les cahiers de l'agriculture, 1997, **6 :** 21-29

Moneret-Vautrin D.A. et Kanny G., « L'anaphylaxie alimentaire nouvelle enquête multicentrique française », *bull. accad.Nat.Med*, 1995, **179** : 161-184

Monsanto. :« Les consommateurs européens et les aliments issus des biotechnologies : notre position dans ce débat ». Bron. avril 1998

Moore I., Galwerler L., Grossfopf D., Schell J.et Plave K., « A transcriptional activation system for regulated gene expression in trahngenic plants », *PNAS*, 1998,**195,** 376 : 381

Neilson J.W.,.Josephson K.L., Pepper I.L., Arnold R.B., Giovanni G.D.et Sinclair N.A. « Frequency of horizontal gene transfer of a large catabolic plasmid (pJP4) in soil », Applied and Environmental Microbiology, 1994 , **60 :** 4053-4058

Nicolli M.J. : « Les consommateurs réclament la transparence ». *Chambre d'agriculture*, 1997, **855,** Suppl.I : 32

Novartis-France : « De nouvelles forces pour les sciences de la vie », Rueil Malmaison ,1997

Perrier J.J. : « Vers de nouveaux gènes sélecteurs », *Biofutur*, 1999,**192 :** 22-24

Pessel F. et Goyon P.H. :« Modélisation des risques associés aux cultures transgéniques » *In* Plantes transgéniques : enjeux et risques, mai 1997, CNRS

Pham-Delègue : « Des effets des plantes transgéniques sur les abeilles » *In* Génie génétique, des chercheurs citoyens s'expriment, Editions Sang de la terre, Paris, 1997

Philipon P., a : « Des gènes à surveiller », *Biofutur*, 1997,**164 :** 16-18

Philipon P., b : « Les européens se rebiffent », *Biofutur*,1997, **164** : 12-15

Philipon P., c : « Un avenir en suspens », *Biofutur*, 1997, **164** :19-20

Philipon P. : « Citoyens cherchent responsables », *Biofutur,* 1998, **181** : 36-37

Philipon P. : « Aliments trangéniques ; le doute s'installe », *Biofutur,* 1999, **192** : 16-20

Pimbert M. : « La Suisse au cœur des débats sur l'avenir des biotechnologiess », *Biofutur,* 1997,**172** : 65-66

Richard A. : « Les bactéries manipulées menacent elles l'environnement ? », *La Recherche* , 1994, **270** : 1138-1139

Rouvillois P. et Le Fur G. : « La France face aux défi des biotechnologies : quels enjeux pour l'avenir ? » Les éditions des journaux officiels,Paris, 1999

Rajnchapel-Messaï J. : « Sécurité alimentaire, l'équivalence en substance, *Agroperformances,* hors série **n°2 :** 18-19

Ryle S. et Kie R. : « Patates transgéniques : les anglais en font tout un plat », *Courrier international,* 1999, **435**

Salyers A., : « The real threat from antibiotics », *Nature*, 1996, **384 :** 304

Saegusa A. : « Japan plans to label detectable GM food », *Nature,* 1999, **400** : 605

Schillito R.D., Saul M.W., Pazkowski J., Muller, Potrikus L. : « High efficiency direct gene transfert to plant », 1985 , *Biotechnology*, **3** : 1099-1103

Schuler Poppy, Kerry B.R. et Den Holm I. « Potential side effect of insects resistant transgenic plant on arthopod natural enemies », *Nature biotech,* 1999, **17** : 210-15

Scott E.S. et Wilkinson M.J. : « Low probability of chloroplast movemnt from oils seed rape (*Brassica napus*) into wild Brassica rapa », *Nature biotech,* 1999, **17** : 390-93

Scribain R. : « Biotechnologies », éditions Tec §Doc, Paris, 1999

Séralini G. : « Des chercheurs citoyens s'expriment », *In* Génie Génétique, des chercheurs citoyens s'expriment, Edition Sang de la terre, Paris , 1997 : 73-90

Shioga Y. : « OGM : Tokyo impose l'étiquetage des produits », 1999,courrier international, **461** : 19

Simonet P.et Nesme X. : « Potentialité de dissémination aux microorganismes du sol », Lettre des départements scientifiques du CNRS, 1997,n°**28**

Tepfer M. : « Plantes rendues résistantes aux virus, un risque pour l'environnement » *In* INRA, Oragnismes génétiquement modifiés à l'INRA, éditions ATHENA, Paris, 1998 : 77-79

Tepfer M.et Jacquemond M.. : « Sleeping satellites : a risky prospect » *Nature Biotechnology,* 1996, **14** : 1226

Tobelem G. et Briand P. : : « Biotechnologies : le droit de savoir », John Libbry Eurotext, 1998

Vincent C. : « Les citoyens appellent à la prudence face aux plantes transgéniques », 23/06/98, *Le Monde,* 10

Wadman M. : « Genetic resistance spreads to consumers », *Nature*, 1996, **383** :564

Wagne A. : « The fate of duplicated genes : loss or new function ? », *BioEssays*, 1998, **20**, 10 : 785-788,

Watson, Gilman, Witkowski, Zoller, « L'ingéniererie génétique des plantes » *In* ADN recombinant , De Boeck Université, Bruxelles, 1994,

2. Anonymes :

Anonyme, « Distrust in genetically altered food », *Nature,* 1996, **383 :** 559

Anonymes, a : « Biotechnologie : économie et éthique », *Revue parlementaire* , 1997, **816**suppl.I.

Anonyme, b : *Le monde* : 28/11/1997

Anonyme, c : *Le progrès* : 12/02/1997

Anonyme, c : « Spécial OGM », *Agroperformances,* octobre 1997, HS **n°2**

Anonyme, e. « La réglementation française et européenne applicable aux OGM ». *Chambre d'agriculture*, 1997, **855**, Suppl.I : 20-21

Anonyme, f. « L'importance des Biotechnologies dans la stratégie agro-alimentaire des Etats-Unis. » *Chambre d'agriculture*, 1997, **855**, Suppl.I : 23-26

Anonyme, a : « Plantes transgéniques, là où ça gène », 05/1998

Anonyme, b ; *Silence*, 1998, **235** : 27

Anonyme, c , « Des apprentis sorciers aux actes irréversibles », *Courrier international* , 1998, ,**400**

Anonyme, d., *Le monde*, 20/06/1998

Anonyme, e. Plantes transgéniques : là où ça gène . *Courant Alternatif.* Mai 1998

Anonyme, f : Guide d'action sur les OGM, ; 1998

Anonyme, a : « UV et gènes sauteurs », *La Recherche,* 1999, **319**, 8

Anonyme, b : « UVB damage amplified by transposons in maize », *Nature,* 1999, **397** : 398

Anonyme, c : « Après la vache folle, les légumes mutants », *Courrier international*, 1999, **435** : 32-37

Anonyme, d : « Genetically modified food » *The economist*, 19/06/1999

Anonyme, e : *Biotech info* **n°7**, 02/06/99

Anonyme, f : *Encart de notre alimentation*, avril 1999, **n°17**

Anonyme, g : « Accessing the threat to biodiversity on the farm », *Nature*, 1999 **398** :655

3. Références Internet :

"L'Afssaps en quelques mots", http://agmed.sante.gouv.fr/htm/1/1100c.htm, site visité le 21/08/00

Ministère de l'agriculture, « Pas d'aliments génétiquements modifiés sans autorisation accordée après une longue évaluation des risques potentiels »,http://www.agriculture.gouv.fr/alim/comm/fir8pogm.htm, site visité le 18/11/1999

CGB : « Commission du génie biomoléculaire-activité en 1997 »,1997, http://www.agriculture.gouv.fr/alim/ogm/comm/cgb97-1htm, a, site visité le 18/11/1999

CGB : : « Commision de Génie biomoléculaire », 1999,http://www.agriculture.gouv.fr/alim/ogm/consom/rapsynmon.html,b, site visité le 18/11/1999

Ministère de l'agriculture « L'étiquetage des produits dérivés du maïs et du soja génétiquement modifié », http://www.agriculture.gouv.fr/alim/comm/fir8nani.htm, c, site visité le 18/11/1999

Ministère de l'agriculture « Avis n°17 : étiquetage des nouveaux aliments et des nouveaux ingrédients constitués d'OGM ou issus d'OGM », 17/07/97, http://www.agriculture.gouv.fr/alim/part/cna.html, d, site visité le 18/11/1999

Ministère de l'agriculture « Qu'est-ce que l'expertise de la commission du génie biomoléculaire »,http://www.agriculture.gouv.fr/alim/ogm/comm/fir8prcg.html, e, site visité le 18/11/1999

Ministère de l'agriculture, « Les premiers objectifs du système de biovigilance sont atteints »,1999, http://www.agriculture.gouv.fr/alim/ogm/disp/welcome.html, f, site visité le 18/11/1999

Lacey , « United states district court for the district of Columbia »,28/05/1999, http://www.biointegrity.org/Laceydecalartion.html, site visité le 19/11/1999

Regal , « Declarations of Philip J.Regal », 28/05/99, http://www.biointegrity.org/Regaldeclaration.html, site visité le 19/11/1999

Departement of health and human service : « Analysis of major plant

toxins »,http://www.biointegrity.org/FDA.docs/O2/view1.html., site visité le 19/11/1999

« Le soja transgénique – l'alimentation génétiquement modifiée », http://www.ecoropa.org/rio2.html, site visité le 24/09/1998,

Ministère de l'éducation nationale, de la recherche et de la technologie, « Importance du secteur et axes de recherche », 07/99 http://www.education.gouv.fr/recherche/ORGARECH/JINRA.HTM, site visité le 18/11/1999

Ministère de l'aménagement et du territoire et de l'environnement « Avis recueilli par les membres du comité de la prévention et de la précaution sur les risques liés à la dissémination des OGM », 3/12/97, (http://www.environnement.gouv.fr/infoprat/comites/cpp/ogm.htm, a, site visité le 18/11/1999

Ministère de l'environnement « Les OGM : risques et perspectives »,06/98,http://www.environnement.gouv.fr/action/comminfos/dosdir/DIRGAD/ogm.htm, b, 1998, site visité le 18/11/1999

Commission européenne, « Les européens et le biotechnologie : une relation complexe », 18/09/1997 , communiqué de presse, Bruxelle, http://www://europa.eu.int/comm/dg12/press/1997/pr1809fr.html, site visité le 18/11/1999

Brem, Wagner , « Transgenic livestock »,http://www.fao.org/ag/aga/agah/wa/u1200b/u1200b04.htm, a, site visité le 19/11/1999

« Chapter 4 genetic manipulation techniques : potential of controlling post harvest deterioration »,http://www.fao/inpho/vlibrary/v45/oe/v45/Oe07.htm, b, site visité le 19/11/1999

Conseil national de l'alimentation « Avis sur la proposition d loi relative à l'Agence de sécurité sanitaire des aliments », avis n°20,http://www.gouv.fr/alim/part/cna.html, site visité le 26/11/1999

INRA, « La génétique et les OGM », http ;//www.inra.fr/Internet/Direc, b, site visité le 05/11/1999

Datté y., Zhang D., Frouilloux S., Guiraud J., Lefort R.L. « Comment assurer la traçabilité des OGM et des produits issus d'OGM »,http://www.inra.fr/Internet/Direc…CTUALITES/DOSSIERS/OGM/dattee.htm, c, site visité le 05/11/1999

Bonny S. « Les OGM risquent ils d'accroître la dépendance de l'agriculture vis à vis de l'industrie ? »,http://www.inra.fr/Internet/Direc…., d, site visité le 05/11/1999

Caboche, Chupeau, Dumas, Duskehrlich, Grun, Houdebine, Magrun « Quelques repères scientifiques », http://www.inra.fr/Internet/Direc…, e, site visité le 05/11/1999

Wal J.M. « Les aliments transgéniques n'entrainent-ils pas des problèmes d'allergie ? » ,http://www.inra.fr/Internet/direc, f, site visité le 05/11/1999

Scalla R., « Y a-t-il des risques spécifiques liés à la consommation d'aliments issus de plantes transgéniques » : http://www.inra.fr/Internet/Direc g, site visité le 05/11/1999

Gasquez, « Comment mesurer l'impact sur l'environnement des plantes transgéniques » http://www.inra.fr/InternetDirec , h, site visité le 05/11/1999

Benoit, « Quelles sont les stratégies des firmes industrielles sur le marché des OGM », http://inra.fr/internet/Direc... i, site visité le 05/11/1999

Chevre A.M., Eber F, Renard M., « Plantes génétiquement transformées : quels risques de dissémination des gènes dans l'environnement ? » ***http://inra.fr/internet/Direc...***, site visité le 05/11/1999

INSERM, « Le confinement »http : //www.lyon151.inserm.fr/RisGio/risk-bio-confinement.html, site visité le 26/11/1999

Maininchi Shimbum , « Ministry to rule on genetically modified foods », 19/07/1999, http://www.mainichi.co.jp/english/new03.html, site visité le 19/07/1999

"L'institut de veille sanitaire", http://www.rnsp-sante.fr/presentation/index.html, site visité le 21/08/2000

«Biparentale chloroplastic transformation », http://www.royal.Soc, a, site visité le 19/11/1999

« Genetically modified plants for food use », http:/www.royalsoc.ac.uk/st_pol40htm, b, site visité le 19/11/1999

4. Conférences :

Casse Catherine, membre de la CGB, conférence sur les OGM, le 11 mars 1999, Grenoble, université Pierre Mendès France.

Pelt Jean Marie: « conférence sur les OGM »le 10/11/98, Meylan

ANNP, 17ème conférence du Columba, journées internationales sur la lutte contre les mauvaises herbes, Henri Darmency, 9,10 et 11 décembre 1998

5. Réglementation :

Loi n°76-663 du 19/07/1976, JO du 20/07/1976

Directive n°79/112/CEE du Conseil, JOCE n°L159 du 03/06/1979

Directive 90/219/CEE du Conseil du 23/04/1990, JOCE n°L117 du 08/05/1990

Directive 90/220/CEE du Conseil du 23/04/1990, JOCE n°L117 du 08/05/1990

Loi n°92-654 du 13/07/1992, JO du 16/07/1992

Directive 94/51/CE de la commission du 7/11/1994, JOCE n°L297/29 du 18/11/1994

Décision 94/730 de la commission du 4/11/1994, JOCE n°L291/31 du 12/11/1994

Directive 98/81/CE du conseil du 26/101998, JOCE n° L330 du 05/12/1998

Directive 98/95CE du Conseil du 14/12/1998, JOCE n°L25 du 01/02/1999

Loi n°98-535 du 01/07/1998, JO 02/07/1998

Règlement n°49/2000/CE de la commission du 10/01/2000, JOCE n°L6 du 11/01/2000

BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE
GRENOBLE
MÉDECINE - PHARMACIE

Annexes :

Eurobaromètre 46.1

La commission européenne a lancé en octobre et novembre 1996 un sondage d'opinion publique sur les biotechnologies de manière générale et les OGM en particulier **(eurobaromètre 46.1).**
C'est le troisième réalisé à ce sujet à la demande de la commission. Ce sondage comportait 11 questions ouvertes. Les questions ont été soumises à un échantillon de personnes représentatif de la population nationale âgée de 15 ans et plus. Au total, quelques 15900 personnes ont été interrogées, soit environ 1000 personnes par pays.
Les différentes questions et leurs résultats sont exposés tout au long de ce paragraphe.
Une question replaçait dans son contexte et examinait les opinions des personnes interrogées quant aux effets des nouvelles technologies en général :

Les européens, la science et la technologie :

La science et la technologie changent notre vie. Je vais vous citer une série de domaines où de nouvelles technologies sont actuellement développées. Pour chacun de ces domaines, pensez-vous que cela améliorera notre mode de vie dans les vingt prochaines années, que cela n'aura pas d'effets ou que les choses iront plus mal ?
a) Energie solaire
b) Informatique
c) Biotechnologies
d) Télécommunication
e) Nouveaux matériaux
f) Exploration spaciale

50% des européens sont optimistes par rapport aux biotechnologies et 43% par rapport au génie génétique, ce qui ce situe dans la fourchette légèrement inférieure par rapport aux autres avancées technologiques. Cela ne veut pas dire qu'elles soient pessimistes, mais plutôt que les européens sont nombreux à ne pas avoir d'avis en ce qui concerne les nouvelles technologies.

Connaissance objective :

On entend dire des choses différentes à propos des caractéristiques que l'on hérite de ses parents, c'est-à-dire de ce qu'on a de naissance, et de ce qu'on acquiert par l'éducation ou par les conditions de vie. Pour chacune des conditions suivantes, pouvez-vous me dire si vous pensez qu'elle est surtout quelque chose d'hérité ou surtout quelque chose que l'on acquiert ?
a) La taille ou la corpulence
b) L'intelligence
c) La couleur des yeux
d) La tendance à être heureux
e) La tendance à commettre des crimes et délits
f) L'attitude à l'égard du travail

g) **Les capacités athlétiques**
h) **La fragilité mentale**
i) **les aptitudes dans le domaine musical**

L'unique but de cette question autour de l'innée et de l'acquis est d'essayer de mieux comprendre la façon dont les européens perçoivent la génétique et plus précisément les frontières de celle-ci.

Estimation de la connaissance :

Voici quelques affirmations. Pour chacune d'elles, j'aimerais que vous me disiez si vous pensez qu'elle est vrai ou fausse. Si vous ne le savez pas, dites-le et nous passerons à l'affirmation suivante :

a) **Il existe des bactéries ordinaires qui vivent d'eaux usées (vrai)**
b) **Les tomates ordinaires ne contiennent pas de gènes, alors que les tomates modifiées génétiquement en contiennent. (faux)**
c) **Le clônage d'êtres vivants donne naissance à des descendants parfaitement identique. (vrai)**
d) **Si une personne mange un fruit génétiquement modifié, ses gènes pourraient être aussi modifié.(Faux)**
e) **Des virus peuvent être contaminés par des bactéries. (faux)**
f) **Il est possible de découvrir, dès les tout premiers mois de la grossesse, si un enfant sera atteint (du syndrome de Down, de la trisomie, de mongolisme- choisir le ou les deux termes apprpries selon le pays)(vrai)**
g) **La levure utilisée pour faire de la bière est constituée d'organismes vivants. (vrai)**
h) **Les animaux génétiquement modifiés sont toujours plus gros que les animaux ordinaires.(faux)**
i) **Plus de la moitié des gènes des êtres humains sont identiques à ceux des chimpanzés. (vrai)**
j) **Il est impossible de transférer des gènes d'animaux à des plantes. (faux)**

Importance attachée à la biotechnologie :

Cette question concerne l'importance que les européens attachent à la problématique de la biotechnologie moderne.
Nous avons discuté de différentes questions liées à la biotechnologie moderne. Certaines personnes trouvent que ces questions sont très importantes, d'autres pensent que non. Vous personnellement, quelle importance accordez vous à ces sujets ? Si vous estimez que ce n'est pas du tout important, vous donnez un score de un. Si vous estimez que c'est extrêmement important, vous donnez un score de dix. Les scores compris entre un et dix vous permettent de dire dans quelle mesure vous vous rapprochez d'un côté ou de l'autre.

Les européens estiment que les différentes questions liées à la biotechnologie moderne abordée dans le questionnaire étaient relativement importantes (score de 6.45/10).

Avantages et risques de la biotechnologie et sa réglementation :

Les gens ont des avis différents sur les avantages et les risques de la biotechnologie moderne, et sur la façon dont elle devrait être réglementée et contrôlée. Je vais vous lire

une série d'affirmations. Pour chacune d'elles, veuillez me dire si vous êtes d'accord ou pas d'accord.

a) La réglementation actuelle est suffisante pour protéger les gens de tous risques liés à la biotechnologies modernes
b) Quelque soit la réglementation, les chercheurs en biotechnologie feront toujours ce qu'ils veulent
c) On devrait utiliser exclusivement des méthodes traditionnelles de croisement plutôt que de modifier les caractéristiques héréditaires de plantes ou d'animaux par la biotechnologie moderne
d) La réglementation de la biotechnologie moderne devrait être laissée avant tout à l'industrie
e) La biotechnologie moderne est si compliquée que c'est une perte de temps de consulter le public à son sujet
f) Il ne sert à rien de mettre des étiquettes spéciales sur les produits alimentaires génétiquement modifiés
g) J'achèterais des fruits génétiquement modifiés s'ils avaient meilleurs goût
h) Les organisations religieuses doivent avoir leur mot à dire en ce qui concerne la réglementation de la biotechnologie moderne
i) Nous devrions accepter certains risques résultants de la biotechnologie moderne si cela augmente la compétitivité économique en Europe
j) Les méthodes traditionnelles de croisement peuvent être aussi précises que la biotechnologie moderne pour modifier les caractéristiques héréditaires de plantes ou d'animaux.

<u>Les instances les mieux placées pour réglementer la biotechnologie :</u>

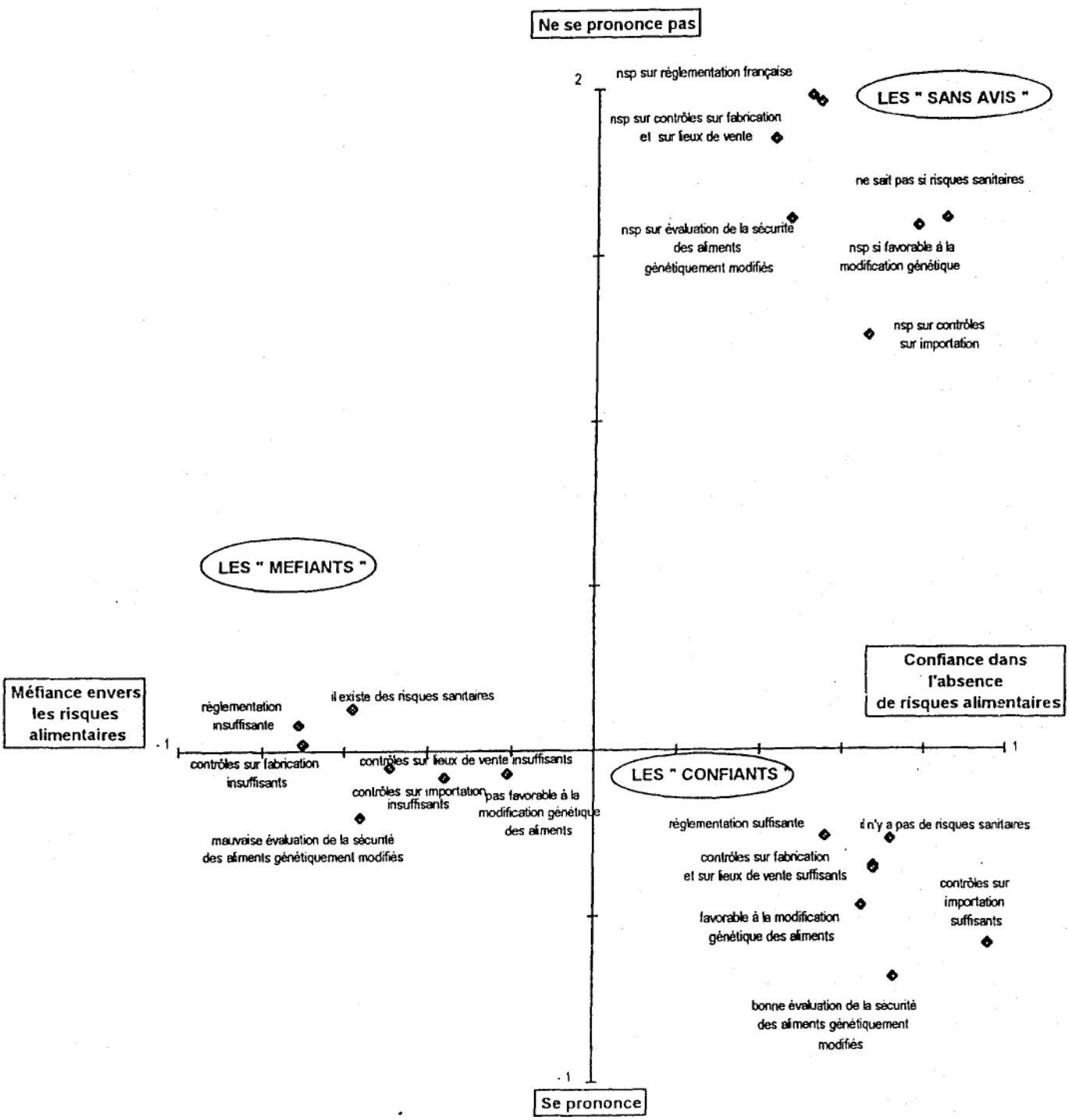
Parmi les organisations suivantes, laquelle vous paraît la mieux placée pour réglementer la biotechnologie moderne ? (une seule réponse possible)

Les réglementations internationales comme les Nations Unies (l'ONU), l'Organisation Mondiale de la santé (l'OMS)
Les pouvoirs public (en notre pays)
Des comités éthiques
Notre parlement national
L'union européenne, les pouvoirs publics dans l'Union Européenne
des organisations scientifiques
aucune organisation (spontanée)
NSP

L'espace des opinions sur les risques sanitaires des produits alimentaires (axes 1 et 3)

Annexes 2

L'espace des opinions sur les risques sanitaires des produits alimentaires
(axes 1 et 2)



Source : CREDOC, Enquête « Conditions de vie et Aspirations des Français », juin 1997.

Annexes 2

VACHE FOLLE, BOEUF AUX HORMONES, POULET A LA DIOXINE. ORGANISMES GENETIQUEMENT MODIFIES,... Stop!

APPEL POUR UN MORATOIRE SUR LES OGM.

Les consommateurs s'inquiètent du trafic permanent des aliments qu'ils sont obligés de consommer sans qu'ils aient leur mot à dire. Le dernier scandaleconnu du poulet et des œufs et de leurs produits dérivés contaminés par la farine à la dioxine, vient s'ajouter au scandale précédent de la "vachefolle". Un mouvement émerge en Europe contre les aliments trafiqués, qui a déjà fait reculer l'agrobusiness en Grande Bretagne. Tandis que les firmes agro-alimentaires et une partie de l'establishment scientifique considèrent ce mouvement naissant comme le fait d'une peur obscurantiste d'ignorants hostiles au progrès, nous sommes pourtant de plus en plus nombreux à nous demander chaque jour quelle nouvelle catastrophe alimentaire nous attend encore ?
Car des dérapages comme ceux de la "vache folle" et du poulet à la dioxine ne sont que la partie cachée des mutations qui nous éloignent d'une agriculture réellement maîtrisée et de la course au profit à tout prix qui fait rage dans un secteur agroalimentaire mondialisé. Cette fuite en avant productiviste se fait au détriment de la sécurité alimentaire des consommateurs, et échappe de plus en plus au contrôle des citoyens.

La controverse actuelle tout à la fois économique, politique et scientifique sur le bœuf aux hormones (hormone Pozilac fabriquée par manipulations génétiques par la société MONSANTO firme leader des biotechnologies) est assez exemplaire de la façon dont l'organisation mondiale du commerce (OMC) dépossède les consommateurs et les citoyens de toute maîtrise du contenu de leur assiette.

Le trafic technologique des aliments et le mépris du principe de précaution c'est aussi le scandale permanent et insidieux des OGM (organismes génétiquement modifiés) dont bon nombre de scientifiques avouent aujourd'hui qu'on n'en maîtrise pas totalement ni la technologie, ni les conséquences.

Un débat sur l'avenir de notre sécurité alimentaire s'impose de toute urgence en Europe. Il doit redonner la parole aux citoyens. Le Parlement demande la révision de la directive européenne sur la dissémination des OGM, afin de conférer aux états membres un droit de mise en œuvre du principe de précaution et à instaurer un système de responsabilité en cas de pollution par les OGM. Au nom de la démocratie, nous dénonçons la récente obstruction de la Commission européenne aux amendements proposés. Mais il faut aller plus loin encore.

DES MAINTENANT, NOUS DEMANDONS :
1) l'instauration d'un moratoire complet de 5 ans renouvelable au niveau européen sur la mise en culture de plantes transgéniques, sur la commercialisation et l'importation des aliments fabriqués à partir d'OGM (même sous forme de "simples" additifs.)
2) le retrait en conséquence des autorisations de mise en culture des OGM actuellement en cours
3) l'interdiction de l'utilisation des farines animales
4) l'abrogation de la directive européenne de juillet 98 reconnaissant le droit aux sociétés privées de s'approprier les gènes (le fondement universel du vivant) via des brevets de nature industrielle. La vie ne peut être appropriée par quiconque ou c'est le début de la fin de la dignité humaine.

Un tel moratoire permettra :
1) de développer les recherches sur les effets incertains des cultures transgéniques tant sur la santé humaine que sur les équilibres économiques (impacts sur l'environnement, sur l'agriculture biologique aujourd'hui menacée, sur les pays en voie de développement....)
2) de préciser les applications biotechnologiques réellement utiles pour la société dans le domaine médical par exemple.
3) de réaliser les ajustements juridiques nécessaires au respect des préoccupations des citoyens dans la mise en œuvre des biotechnologies. Il est rappelé que 76 % des consommateurs ne mangeraient pas d'OGM s'ils pouvaient en faire le choix.

Pour une alimentation saine, sans farine animale, et sans OGM

	Prénom Nom	Adresse complète	Profession-Association	Signature
1				
2				
3				
4				
5				

-Les pétitions doivent être renvoyées au collectif « OGM Dangers - Drôme » 6 rue des clercs 26100 ROMANS qui transmettra au Collectif Citoyens OGM Danger. Site Internet d'OGM Danger : http://www.multimania.fr/ogm
-Les signatures seront envoyées au Parlement Européen.

Conformément à la règlementation en vigueur, vous bénéficiez d'un droit d'accès et de modification aux informations vous concernant.

Δ Photocopier avant utilisation !

Annexes 3

RESEAU INFO-CONSO
PAS D'OGM
DANS MON ASSIETTE

Comment faire partie du réseau ?

Nous avons besoin de chacun d'entre vous. Faire partie du réseau c'est s'engager...

S'engager à effectuer un certain nombre d'actions. Nous enverrons régulièrement (environ une fois par mois) des informations aux membres du réseau. Pour optimiser les coûts liés à ces envois, nous demanderons à chaque personne participant au réseau de :

1) contacter un maximum de personnes (au moins cinq),
2) diffuser à ces personnes une copie de la liste Réseau Info-Conso "Pas d'OGM dans mon assiette",
3) faire connaître le numéro de la boîte vocale du réseau : 01 53 43 85 70,
4) contacter, par écrit principalement, les fabricants ou distributeurs (Greenpeace vous fournira la liste et les instructions correspondantes au fur et à mesure),
5) demander à ces 5 personnes (minimum) d'écrire également aux fabricants concernés.

Annexe 4

PARTICIPEZ AU RESEAU INFO-CONSO.
INSCRIVEZ-VOUS EN COCHANT LA CASE PREVUE A CET EFFET SUR LE BULLETIN DE SOUTIEN ET RENVOYEZ-LE DANS L'ENVELOPPE T JOINTE. MERCI !

GREENPEACE France - 21, rue Godot de Mauroy - 75009 PARIS
Tél. 01 53 43 85 85 - Fax 01 42 66 56 04

Imprimé sur papier recyclé non blanchi au chlore

Liste établie au 15/10/98

LISTE (NON EXHAUSTIVE) DES PRODUITS AVEC OU SANS OGM

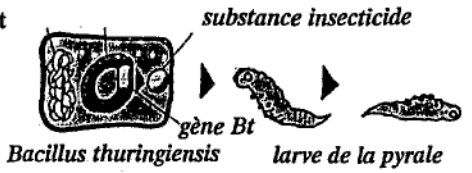
A l'heure actuelle, les OGM peuvent se trouver dans les produits contenant du maïs ou du soja.

LISTE BLANCHE [illegible]	LISTE GRISE [illegible] d'OGM	LISTE NOIRE [illegible] d'OGM [illegible]
- BISCUITS D'APERITIF ET BISCOTTES -		
Casa Fiesta *(Bruce Foods Europe)* American Sandwich Céréales *(Harry's France S.A.)* Wasa Avoine *(Wasa)*	Nachips Old el Paso *(Pilsbury)* Curly *(Bahlsen)*	Crackers *(Belin)* Jacotte *(Pains Jacquet)*
- BISCUITS, GATEAUX -		
Gaufres au miel *(Bjorg)* Palmiers *(Bjorg)* Cookies chocolat-noisette *(Bjorg)* Fourrés chocolat *(Bjorg)* Pâte brisée *(Maizena)*	Biscuits Soja-figue *(Gerblé)* Savane *(Brossard)*	BN *(United biscuits)* Napolitain *(Lu)* Prince *(Lu)* Petit écolier *(Lu)* Délichoc *(Delacre)* Finger *(Cadbury)* Croustifondante *(Verkade)* Muffins *(Marks & Spencer)* Chocolate Chip Cookies *(Marks & Spencer)* Wholemeal Sandwich *(Marks et Spencer)*
- GEREALES -		
Corn Flakes Miel-noisettes *(Grillon d'or)* Müesli *(Bjorg)*		Smacks *(Kellogg's)* Golden Grahams *(Nestlé)* Céréales croustillantes Avoine-cannelle *(Marks & Spencer)*
- CHOCOLATS, PRODUITS A BASE DE LAIT ET CHOCOLAT -		
Milka *(Suchard)* Rochers *(Suchard)* Nutella *(Ferrero France SA)* Yaourt Bio vanille *(Bjorg)*	Recette Originale au lait *(Lindt)* Noir dessert *(Lindt)*	Pâte à tartiner Eclats Noisettes *(Poulain)* Galak *(Nestlé)* Lion *(Nestlé)* Mars
- PLATS CUISINES -		
Fricassée de Poulet aux 3 légumes *(Monoprix Bio)*		Canelloni *(Findus)* Southern Fried Chicken & Fries *(Marks & Spencer)*
- ALIMENTS POUR BEBES -		
Goûter aux flocons de blé *(Hipp France)*	Baby Bio *(Vitagermine)*	Brassé croissance *(Blédina)* Junior cacao *(Nestlé)*
- DIVERS -		
Vinaigrette de Dijon *(Amora)*		Vinaigrette Lesieur *(Lesieur France)*

Le maïs Bt - comment on l'obtient et comment il agit

Comment la prothéine Bt agit sur la larve de la pyrale

Découverte en 1911 de la bactérie du sol *Bacillus thuringiensis* et de son action sur certains insectes. Cela fut le point de départ de la découverte de la substance insecticide (protéine Bt) et du gène correspondant (gène Bt). La protéine Bt est utilisée depuis plus de 30 ans aussi bien en agriculture traditionnelle qu'en cultures biologiques.



Production du gène Bt et contrôle de qualité grâce à un test de résistance à un antibiotique

Isolement du plasmide de *Bacillus thuringiensis*.

Isolement du gène Bt à partir du plasmide. Adaptation du gène Bt afin que les plantes de maïs puissent l'utiliser pour produire la protéine Bt.

Introduction du gène Bt dans un autre plasmide qui porte un gène de résistance à un antibiotique.

Transfert du plasmide dans des bactéries.

Contrôle de qualité: vérification du transfert du plasmide dans les bactéries grâce à un test de résistance à un antibiotique. Seules survivent et se reproduisent les bactéries qui portent le plasmide avec le gène de résistance à l'antibiotique, et du même coup le gène Bt.

Les bactéries ainsi sélectionnées sont multipliées, puis les plasmides sont isolés.

Production du gène de tolérance à un herbicide et contrôle de qualité grâce à un test de résistance à un antibiotique

Isolement du plasmide de *Streptomyces hygroscopicus*.

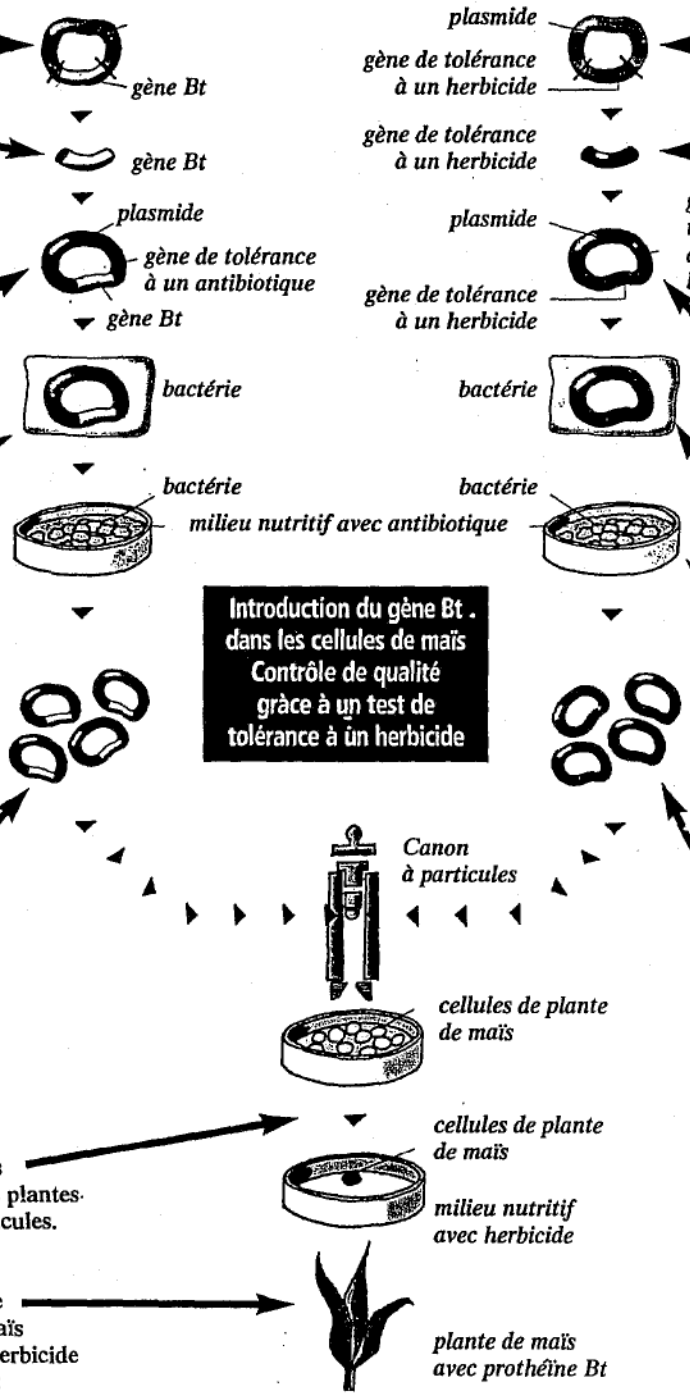
Isolement du gène «bar» (gène de tolérance à un herbicide) à partir du plasmide. Adaptation du gène de tolérance à un herbicide afin que les plantes de maïs puissent l'utiliser pour produire la protéine correspondante.

Introduction du gène de tolérance à un herbicide dans un autre plasmide qui porte un gène de résistance à un antibiotique

Transfert du plasmide dans les bactéries.

Contrôle de qualité: vérification du transfert du plasmide dans les bactéries grâce à un test de résistance à un antibiotique. Seules survivent et se reproduisent les bactéries qui portent le plasmide avec le gène de résistance à l'antibiotique, et du même coup le gène de tolérance à l'herbicide.

Les bactéries ainsi sélectionnées sont multipliées, puis les plasmides sont isolés.



Introduction du gène Bt dans les cellules de maïs Contrôle de qualité grâce à un test de tolérance à un herbicide

Les deux plasmides sont introduits simultanément dans les cellules de plantes de maïs à l'aide d'un canon à particules.

Contrôle de qualité, vérification de l'introduction des gènes dans le maïs grâce à un test de tolérance à un herbicide Seules survivent et se reproduisent les cellules de maïs qui ont intégré dans leur patrimoine héréditaire le gène de la tolérance à l'herbicide et du même coup le gène Bt et le gène de résistance à l'antibiotique.

Le maïs Bt qui s'autoprotège contre la pyrale

Le maïs Bt porte en lui la protection (protéine Bt) contre la pyrale. La larve de la pyrale est repoussée dès la première attaque.

Faculté de Pharmacie de Grenoble

Serment des Apothicaires

Je jure, en présence des maîtres de la faculté, des conseillers de l'ordre des pharmaciens et de mes condisciples :

D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement.

D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement.

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine ; en aucun cas je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les moeurs et favoriser des actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert d'opprobe et méprisé de mes confrères si j'y manque.

ma commerat · Grenoble

Transgénèse végétale : quelles craintes pour l'avenir ?

CHEVALLIER Catherine
Date de soutenance: 07/07/00

LE JURY :
P. GUIRAUD, Maître de conférences Biologie cellulaire **Président du jury**
M. DELETRAZ , Maître de conférences Droit Economie Pharmaceutique
B. SABATIER, Docteur vétérinaire

Résumé :

Les industriels agro-alimentaires ont beaucoup investi dans la recherche de plantes transgéniques car elles permettent de réaliser des produits à la carte : céréale contenant un acide aminé supplémentaire, maïs résistant à un herbicide particulier ou bien encore une légumineuse avec plus d'acide oléique...
Elles constituent un progrès par rapport à l'hybridation car il est possible d'incorporer uniquement le gène désiré, de manière assez précise et en un temps beaucoup plus court. La production de ces organismes génétiquement modifiés (OGM) correspond aux besoins des entreprises agro-alimentaires d'aujourd'hui.

L'accueil de ces nouveaux aliments a été plutôt mitigé dans l'opinion publique. Aux USA, leur entrée dans les magasins dès 1994 n'a posé aucun problème. Par contre, les premières cargaisons de soja transgénique arrivées en Europe ont provoqué un véritable tollé dans l'opinion publique. Il faut dire que le contexte n'était pas le même en Europe : les OGM sont arrivés juste au moment où ont éclaté les affaires de la vache folle et du sang contaminé. De plus, les européens sont par culture, très attachés à une nourriture de qualité. Les médias se sont saisis de l'évènement pour faire une critique assez sévère des OGM.. De ce fait, une polémique s'est engagée entre défenseurs et détracteurs de ces plantes.

A l'heure actuelle, personne n'est capable d'affirmer si les risques liés aux OGM sont réels ou exagérés. Peu d'études sont publiées à ce propos et la plupart sont soumises à controverse. Par ailleurs, le débat public a devancé les travaux de recherche. La question qui se pose est : Est-ce que tout est mis en œuvre pour savoir la vérité ? C'est à dire : est-ce que des recherches sont vraiment menées ? Et quelle est la fiabilité des résultats ?

Au niveau réglementaire, des dispositions sont prises depuis longtemps afin de protéger le consommateur. Sont-elles suffisantes ? Personne ne sait.

Il est encore trop tôt pour pouvoir se prononcer sur l'avenir de la transgénèse dans l'alimentation au niveau économique comme au niveau de l'opinion publique. Les conséquences sur la santé ou l'environnement restent floues pour l'instant. Il est évident que les industriels devront revoir leur mode de communication pour retrouver la confiance des consommateurs à ce propos.

Mots clés: OGM, transgénèse, polémique, réglementation, risques environnement - santé, technique.