



# Les plantes transgéniques

MODULE 9

*European Initiative for Biotechnology Education*

---

**Ont contribué à l'élaboration de ce module**

Vic Damen (Coordinateur du Module), Catherine Adley, Fred Brinkman,  
Dorte Hammelev, Margareta Johansson, Marleen van Strydonk.



*L'Initiative Européenne pour une Éducation Biotechnologique (EIBE) a pour vocation d'améliorer la compréhension de la biotechnologie, de promouvoir ses techniques, et de susciter le débat public par le biais d'une formation adéquate dans les établissements scolaires et universitaires de l'Union européenne (UE).*

## Correspondants de l'EIBE



### ALLEMAGNE

Horst Bayrhuber / Eckhard R. Lucius / Ute Harms / Angela Kroß, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel, Olshausenstraße 62, D-24098 KIEL.

Michael Schallies, Paedagogische Hochschule Heidleberg, Im Neuenheimer Feld 561, D-69120 HEIDELBERG.

Ognian Serafimov, UNESCO-INCS, c/o Jörg-Zürn-Gewerbeschule, Rauensteinstraße 17, D-88662 ÜBERLINGEN.

Eberhard Todt, Fachbereich Psychologie, Universität Gießen, Otto-Behaghel-Straße 10, D-35394 GIEßEN.



### AUTRICHE

Rainhart Berner, Höhere Bundeslehr- und Versuchsanstalt für Chemische Industrie Wien, Abt. für Biochemie, Biotechnologie und Gentechnik, Rosensteingasse 79, A-1170 WIEN.



### BELGIQUE

Vic Damen / Marleen Van Strydonck, R&D Groep VEO, Afdeling Didactiek en Kritiek, Universiteit Antwerpen, Universiteitsplein 1, B-2610 WILRIJK.



### BULGARIE

Raytcho Dimkov, Faculty of Biology, University of Sofia "St. Kliment Ohridski", Dr. Tzankov blvd. No.8, 1421 SOFIA.



### DENEMARK

Dorte Hammelev, Biotechnology Education Group, Foreningen af Danske Biologer, Sønderengen 20, DK-2860 SØBORG.

Lisbet Marcussen, Biotechnology Education Group, Foreningen af Danske Biologer, Lindevej 21, DK-5800 NYBORG.



### EIRE

Catherine Adley / Cecily Leonard, University of Limerick, LIMERICK.



### ESPAGNE

María Sáez Brezmes / Angela Gómez-Niño / Rosa M. Villamañán, Facultad de Educación, Universidad de Valladolid, Geologo Hernández Pacheco 1, ES-47014 VALLADOLID.



### ESTONIE

Tago Sarapuu, Science Didactics Dept., Institute of Molecular and Cell Biology, University of Tartu, Lai Str. 40, EE-2400 TARTU



### FRANCE

Gérard Coutouly, LEGTP Jean Rostand, 18 Boulevard de la Victoire, F-67084 STRASBOURG Cedex.

Laurence Simonneaux / Jean-Baptiste Puel, Ecole Nationale de Formation Agronomique, Toulouse-Auzeville, Boîte Postale 87, F-31326 CASTANET TOLOSAN Cedex.



### GRÈCE

Vasilis Koulaidis / Vasiliko Zogza-Dimitriadi, Dept. of Education, Unit of Science, University of Patras, Rion, GR-26500 PATRAS



### ITALIE

Antonio Bargellesi-Severi / Alessandra Corda Mannino / Stefania Uccelli, Centro di Biotechnologie Avanzate, Largo Rosanna Benzi 10, I-16132 GENOVA.



### LUXEMBOURG

John Watson / Laurent Kieffer, Ecole Européenne de Luxembourg, Département de Biologie, 23 Boulevard Konrad Adenauer, L-1115 LUXEMBOURG.



### PAYS-BAS

David Bennett / Ana-Maria Bravo-Angel, Cambridge Biomedical Consultants, Schuytstraat 12, NL-2517 XE DEN HAAG.

Fred Brinkman, Hogeschool Holland, Academy for Communication, Postbus 261, NL-1110 AG DIEMEN.

Liesbeth van de Grint / Jan Frings, Hogeschool van Utrecht, Educatie Centrum voor Biotechnologie, FEO, Afdeling Exacte Vakken, Biologie, Postbus 14007, NL-3508 SB UTRECHT.



### POLOGNE

Anna Sternicka, Department of Biology, University of Gdansk, Bazynskiego 1, GDANSK



### REPUBLIQUE TCHÈQUE

Hana Novákova, Pedagogprogram, Faculty of Education UK, Pedagogical Centre, Prague, Konevova 241, CZ-13000 PRAGUE 3



### ROYAUME-UNI

Wilbert Garvin, Northern Ireland Centre for School Biosciences, NIESU, School of Education, The Queen's University of Belfast, BELFAST, BT7 1NN.

John Grainger / John Schollar / Caroline Shearer, National Centre for Biotechnology Education, The University of Reading, PO Box 228, Whiteknights, READING, RG6 6AJ.

Jenny Lewis, Centre for Studies in Science and Mathematics Education, University of Leeds, LEEDS LS2 9JT

Jill Turner, School of Nursing and Midwifery, 1-3 College Park East, The Queen's University of Belfast, Belfast, BT7 1LQ.

Paul Wymer, Society for General Microbiology, Marlborough House, Basingstoke Road, READING RG7 1AE.



### SUÈDE

Margareta Johansson, Föreningen Gensyn, PO Box 37, S-26881 SVALÖV.

Elisabeth Strömberg, Östrabo Gymnasiet, S-45181 UDDEVALLA.



### SUISSE

Kirsten Schlueter, Institut fuer Verhaltenswissenschaft, Eidgenössische Technische Hochschule IVF/ETH, ETH Zentrum TUR, Turnerstr. 1, CH-8092 ZUERICH

## Coordinateur de l'EIBE

Horst Bayrhuber, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Universität Kiel, Olshausen-straße 62, D-24098 KIEL, Germany. Telephone: + 49 (0) 431 880 3166 (EIBE Secretary: Ute Harms). Facsimile: + 49 (0) 431 880 3132.



# Les plantes transgéniques

MODULE 9

European Initiative for Biotechnology Education

SOMMAIRE

## Sommaire

★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★

I	Groupe de travail et copyright	4
I	Présentation du Module	5
I	Plantes transgéniques	
	Introduction	6
	Comment crée-t-on une plante transgénique ?	6
	L'utilisation des plantes transgéniques	9
	Quelles sont les plantes concernées?	11
	Encadré documentaire	13
I	Etudes de cas	
	Colza, maïs, tomate	14
	Soja	15
	Perspectives et problèmes	16
I	Annexe 1	
	Décision de la Commission	18
I	Annexe 2	
	Questionnaire	20

## World Wide Web

★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★ ★

Peu de domaines connaissent un développement aussi rapide que celui des biotechnologies. La publication électronique des Modules de l'EIBE permet une révision et une mise à jour régulière de leur contenu ainsi qu'une diffusion à moindre coût.

Les pages qui suivent (comme celles des autres Modules) sont disponibles dans le monde entier sur le WWW:

<http://www.reading.ac.uk/NCBE>

Tous les Modules de l'EIBE sur le World Wide Web sont des documents PDF (Format de Document Portable), ce qui signifie que la haute qualité des illustrations, de la couleur, des polices et de la mise en page de ces documents est garantie quel que soit votre ordinateur (Macintosh - Power PC inclus - Windows, DOS ou Unix).

Les documents PDF sont aussi de format plus réduit que les documents à partir desquels ils ont été créés afin de réduire le temps de téléchargement. Cependant, pour consulter les Modules de l'EIBE, le logiciel *Adobe Acrobat*® Reader est nécessaire.

Le dernier *Acrobat*® Reader est disponible gratuitement. Il peut être téléchargé à partir du site Web de l'EIBE ou à partir du site :

<http://www.adobe.com/>

Ce logiciel permet de lire et d'imprimer les Modules de l'EIBE et de " naviguer " facilement parmi les documents.

NB: *Adobe* et *Acrobate* sont des marques déposées de Adobe Systems Incorporated. *Macintosh* est une marque déposée de Apple Computer Incorporated.

# Auteurs



- **Vic Damen** (Coordinateur du Module) & **Marleen van Strydonck**  
Universiteit Antwerpen, R&D  
GroepVEO, Afdeling Didactiek en  
Kritiek, Universiteitsplein 1, B-2610  
Antwerpen, Belgique.
- **Catherine Adley**  
University of Limerick, Plassey,  
Limerick, Irlande.
- **Fred Brinkman**  
IDO/VU, Vrije Universiteit Amsterdam,  
De Boelelaan 1115, NL-1081 HV  
Amsterdam.
- **Dorte Hammelev**  
IMFUFA  
University of Roskilde, Danemark.
- **Margaretta Johansson**  
Svalöv Science Centre, Svalöv, Suède.

Maquette, illustration et composition:  
**Caroline Shearer**, NCBE, The University  
of Reading, Royaume-Uni.

Traduction en français: Jean Metge (ENFA)

## Remerciements

Le Dr F. Folmer D. Eriksen de l'Institut de Toxicologie du Ministère danois de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche nous a rendu de grands services pendant toute la préparation de ce Module.

Le Dr Holger Petersen et le Dr Juliane Alberg du Ministère danois de l'Environnement et de l'Energie, et de l'Agence danoise de Protection de l'Environnement nous ont aussi fourni des informations et des conseils utiles.

## © Copyright

Ce Module de l'EIBE est protégé par un copyright. Les auteurs de ce Module ont fait valoir leurs droits en tant que détenteurs d'un

copyright (Section 77 of the Copyright, Designs and Patents Act, UK 1988).

**Usage pédagogique.** La reproduction électronique, ou imprimée, de la totalité ou d'une partie du Module est autorisée pour l'usage des étudiants, à condition que les copies soient diffusées à prix coûtant ou à un prix inférieur au coût de reproduction, et que les auteurs et coauteurs, détenteurs des droits de reproduction, soient identifiés en tant que tels.

**Autres usages.** Ce Module peut être distribué de personne à personne, à des fins non commerciales, mais ne peut être diffusé par distribution électronique, mailing lists, bbs. Il ne peut être diffusé sans autorisation sur le World Wide Web, ni par tout autre moyen de diffusion ou reproduction qui se substituerait à un abonnement ou à une autorisation individuelle d'accès, ni par tout moyen qui ne respecterait pas, de bonne foi, ces contraintes.

**Usage commercial.** Pour l'utilisation partielle ou complète de ce Module à des fins commerciales ou pour toute autre publication, veuillez contacter :

Secrétariat de l'EIBE  
c/o IPN, Universität Kiel  
Olshausentrabe 62  
D-24098 KIEL 1  
Téléphone : + 49 (0) 431 880 3137  
Fax : + 49 (0) 431 880 3132  
E-mail : harms@ipn.uni-kiel.de

## A propos des Modules de l'EIBE

Ces matériaux ont été imaginés par des enseignants en exercice et des pédagogues (didacticiens) de plusieurs pays européens, rassemblés sous l'égide de l'EIBE, Initiative Européenne pour l'Education aux Biotechnologies, grâce au soutien financier et à l'encouragement de la DG XII de la Commission Européenne. Les matériaux de l'EIBE ont été largement testés dans des ateliers rassemblant des enseignants de toute l'Europe.

Les opinions exprimées et les activités suggérées dans ce Module sont celles des auteurs et non celles de la Commission Européenne.

# Présentation du Module



Ce Module propose une information actualisée sur les plantes transgéniques et sur l'utilisation qu'il en est faite aujourd'hui dans la société. Le but est d'améliorer la compréhension de ce sujet et de fournir des données de base utilisables pour des discussions en classe sur le rôle des plantes transgéniques dans le monde moderne.

Ce Module comprend :

1. Un texte d'introduction axé sur le problème.
2. Les principes scientifiques essentiels et les technologies impliquées dans l'élaboration des plantes transgéniques.
3. L'importance et les implications des essais sur parcelles.
4. Une information sur l'évaluation des risques et les réglementations de l'UE.
5. Une information de base sur les légumes et autres plantes cultivées sélectionnées : tomate, pomme de terre, soja, colza, qui sont au premier rang de la recherche sur les plantes transgéniques.
6. Des suggestions pour des réflexions sur les bénéfices et les problèmes éventuels pouvant résulter de la création et l'utilisation des plantes transgéniques dans le monde entier.
7. Une évaluation de la compréhension des concepts de plante, de gène et d'expression des caractères génétiques par les élèves (*Questionnaire : Annexe 2*).

## Comment ce Module peut-il être utilisé ?

Les élèves n'ont pas besoin de vastes connaissances préalables sur les plantes transgéniques ou la technologie de l'ADN, mais des éléments de base en génétique et si possible en technologie génétique leur sont nécessaires. Pour avoir une idée sur la compréhension du concept de plante, de gène et d'expression des caractères génétiques par les élèves, on pourra utiliser

le questionnaire (*Annexe 2*). Le temps de réponse ne doit pas excéder 10 minutes. Il est important de ne donner aucune indication et d'encourager les élèves à répondre aux questions même s'ils ne sont pas sûrs des réponses.

Le Module peut être utilisé de manière traditionnelle dans les cours de sciences pour traiter le concept de plante transgénique et les problèmes de société accompagnant l'utilisation de ces plantes.

**Objectifs:** les élèves peuvent

- décrire les différentes techniques utilisées pour créer une plante transgénique ;
- expliquer le faible taux de réussite, par exemple en ce qui concerne les résultats, et l'instabilité des plantes transgéniques dans des conditions non optimales ;
- expliquer que l'introduction des plantes transgéniques dans le monde occidental est précédée par des recherches, des essais sur parcelles, une évaluation approfondie des risques et qu'elle est contrôlée par des réglementations importantes ;
- mettre en balance les avantages et les inconvénients de l'utilisation des plantes transgéniques en utilisant des arguments biologiques, économiques et sociaux.

Le Module peut aussi être utilisé dans une approche de résolution de problème. Le texte introductif servira alors de point de départ à l'analyse d'un problème lié à la production de coton transgénique. Le Module fournit des informations utilisables par les élèves pour obtenir des réponses à leurs questions. A l'issue de ces activités, les élèves peuvent discuter les avantages et les inconvénients de l'utilisation de différentes plantes transgéniques.

Outre les objectifs énoncés ci-dessus, les élèves peuvent aussi développer des capacités d'analyse de problème et rechercher des informations pour être plus perspicaces sur les problèmes identifiés dans le texte introductif.

# Introduction



Durant l'été 1996, le coton génétiquement modifié fit la une des journaux. Au Mexique et dans les états du sud des USA, on a constaté, dans certaines zones, que des plants de coton génétiquement modifiés pour résister aux chenilles n'avaient pas réussi à manifester cette résistance au cours de leur deuxième saison de culture. Les chenilles avaient endommagé les récoltes en ingérant comme d'habitude les capsules des graines de semence. 800 000 hectares de ce coton particulier avaient été mis en culture. Le facteur de résistance introduit dans les plantes aurait dû provoquer l'empoisonnement des larves lors de l'ingestion des plantes.

Le gène du poison provient de *Bacillus thuringiensis*, connu sous le nom de bactérie Bt. Elle est courante sur les feuilles et son poison a été utilisé depuis de nombreuses années comme pesticide en pulvérisation contre différents types de chenilles. Une telle pulvérisation respecte relativement l'environnement car le produit se décompose rapidement et tue seulement un groupe défini d'animaux (certaines chenilles et larves). Le poison ne fait aucun mal aux autres animaux vivant sur la plante de coton ou dans ses environs et n'est pas toxique pour les êtres humains. La culture du coton a nécessité depuis de nombreuses années un usage intensif des insecticides. C'est donc un avantage de cultiver les nouvelles plantes résistantes aux insectes compte tenu de la réduction des pulvérisations de produits chimiques qui en résulte.

Il est regrettable que ce coton particulier génétiquement modifié, cultivé au Mexique et dans les Etats Unis du sud, ait été attaqué par trois différentes espèces de chenilles qui toutes auraient dû être empoisonnées en consommant les plantes.

La question pour les scientifiques et les agriculteurs est maintenant de savoir si la larve a développé une résistance au poison Bt ou s'il y a d'autres explications possibles. Les agriculteurs pratiquant l'agriculture biologique ont déjà demandé que le nouveau coton soit retiré du marché car ils utilisent les bactéries Bt comme protection biologique contre différentes sortes

de chenilles nuisibles et ils craignent beaucoup le développement de chenilles résistantes.

Une explication alternative au nombre extrêmement élevé de chenilles dans les champs de coton pourrait être que leur taux de croissance a été bien plus fort à cause d'un été extrêmement chaud et sec. On sait aussi que le stress, tel celui provoqué par de très hautes températures, peut affecter l'expression du gène dans les différents tissus.

Ce cas est intéressant pour nous ici en Europe parce qu'en ce moment (fin 1996) la Commission Européenne étudie la demande d'autorisation de mise en marché de trois différentes variétés de maïs. On leur a ajouté un gène Bt de construction similaire à celui utilisé pour le coton. Une des raisons du retard dans la décision de la Commission Européenne est la prise en considération attentive des possibilités de développement d'une résistance de l'insecte au produit Bt pulvérisé existant et de son effet sur l'environnement.

## Définition

Les plantes génétiquement modifiées, génétiquement épissées, ou transgéniques sont définies comme des plantes pour lesquelles un ou plusieurs gènes d'une plante ou d'un organisme différent, ou bien un gène ou des gènes altérés ou spécialement assemblés, ont été insérés dans leur génome.

## Comment crée-t-on une plante transgénique ?

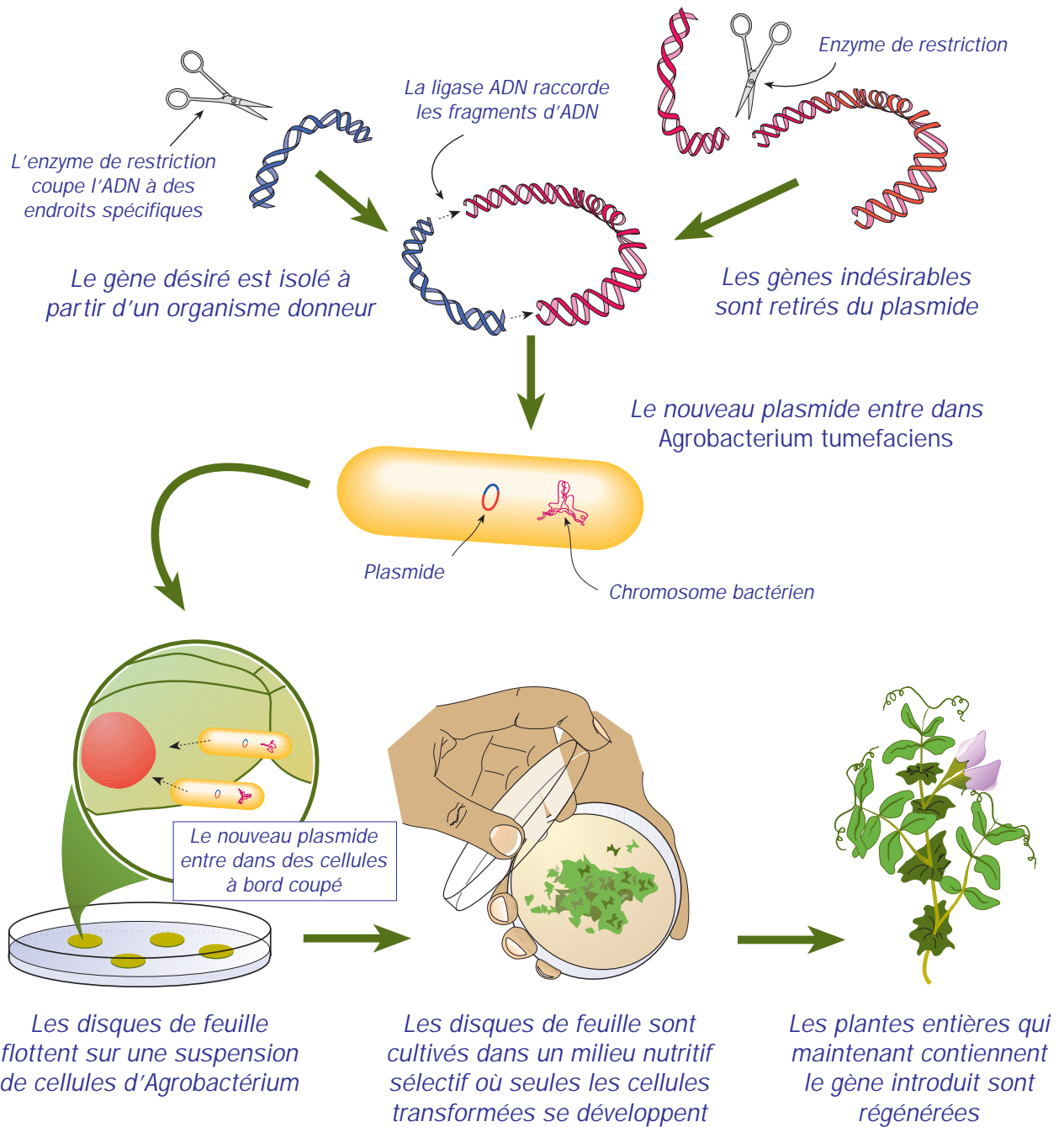
### Techniques de laboratoire

#### Méthode *Agrobacterium tumefaciens*

Les premières plantes transgéniques furent créées au début des années 80 lorsque l'aptitude d'une bactérie, *Agrobacterium tumefaciens*, à transférer du matériel génétique dans les plantes fut découverte. D'autres méthodes sont maintenant disponibles, mais cette première technique développée est encore largement utilisée.

*A. tumefaciens* est une bactérie du sol qui contient, en plus de son chromosome, un minichromosome circulaire, appelé plasmide d'induction de tumeur (Ti). Ce fragment d'ADN comprend des gènes responsables de la maladie de la galle de la couronne des plantes. Il est

**Figure 1: *Agrobacterium tumefaciens* et transfert de plasmide.**



Copyright © Dean Madden, 1997

possible de retirer les gènes provoquant les tumeurs et de les remplacer par des gènes sélectionnés, en utilisant le plasmide Ti comme vecteur de transfert des nouveaux gènes dans la plante (Figure 1). Cette méthode est maintenant une procédure standard sur laquelle on peut trouver de plus amples détails dans de nombreux manuels.

*In vivo*, l'infection suppose une blessure des tissus de la plante. *A. tumefaciens* se fixe aux parois cellulaires de la plante activées par des

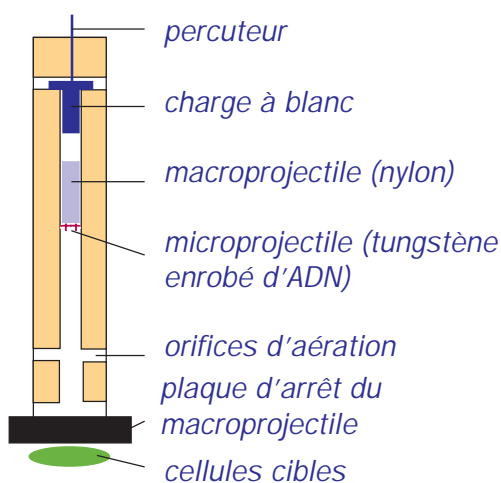
composés des cellules blessées (les composés qui activent les bactéries sont aussi produits par les cellules blessées). Une partie du plasmide Ti (la région T) est alors transférée dans les chromosomes de la plante hôte où il est intégré (ADN-T). Plusieurs loci de gènes sur le chromosome bactérien et un ensemble de gènes de virulence (*vir*) situés sur le plasmide Ti sont codants pour des fonctions impliquées dans la reconnaissance et la fixation des cellules de la plante ainsi que pour la cassure, le transfert et l'intégration de l'ADN-T dans le génome cible.

Bien que ce soit une méthode de transformation très efficace, elle marche mieux pour certaines plantes que pour d'autres. Une transformation réussie dépend à la fois de la capacité de *A. tumefaciens* à infecter les cellules et à incorporer son ADN-T dans le génome de la plante avant qu'elle ne soit détruite par ces mêmes cellules et de la possibilité pour les cellules transformées à être mises en culture afin de constituer une plante entière. Les plantes de la famille des Solanacées, telles que le tabac, la tomate et la pomme de terre, ont donné les meilleurs résultats. A l'autre extrémité négative de l'échelle, on trouve les monocotylédones, comprenant les quatre espèces de céréales, le riz et le maïs que *A. tumefaciens* n'infecte pas facilement. Il s'est avéré plus difficile de transformer ces plantes, toutes de grande valeur nutritionnelle et commerciale, en utilisant la méthode Agrobacterium. L'utilisation d'un nouveau type, plus agressif, de *A. tumefaciens* dans la préparation de maïs transgénique a été récemment couronnée de succès.

### La méthode du canon à gène

Les phytogénéticiens ont cependant trouvé plusieurs méthodes alternatives. Dans l'une d'elles, le canon à gène, de minuscules billes de métal enrobées d'ADN sont "tirées" directement sur les cellules végétales. Les cellules réparent leurs blessures rapidement et, dans quelques unes, l'ADN est incorporé dans les chromosomes.

**Figure 2 : Le canon à gène**



### Taux de réussite

Quelle que soit la méthode utilisée, Agrobacterium ou canon à gène, le taux de réussite de la transformation est rarement

supérieur à 1 pour 10 000 cellules. Il n'est pas possible de savoir si le nouveau gène (ou peut-être plusieurs de ses copies) vont être incorporées. Ce problème fait actuellement l'objet de recherches, mais aucune méthode satisfaisante n'a encore été développée. D'un autre côté, il est possible de détecter les plantes possédant plus d'une copie du gène désiré, celles-ci étant alors éliminées car la présence de copies multiples du même gène inhibent souvent son expression. Un tel mécanisme n'est pas encore élucidé.

### Une production de plantes plus rapide et plus précise.

La production de plantes transgéniques doit être considérée par rapport à celle des plantes traditionnelles, en effet les hommes depuis les temps préhistoriques ont cultivé sélectivement des plantes sauvages présentant des caractéristiques intéressantes. Des qualités telles que solidité, rendement, résistance aux organismes nocifs, à la verse et aux mauvaises conditions météorologiques ont été améliorées par croisement des meilleurs individus entre eux.

Cela prend 10-15 ans pour créer un nouveau type de plante lorsqu'on utilise les méthodes de production traditionnelles. Les techniques de transfert de gènes peuvent réduire ce temps de moitié et rendent possible la transmission sélective de gènes, ce qui permet de connaître exactement les caractères introduits. La production de plantes par la technologie génétique moderne donne aussi la possibilité d'introduire des gènes issus d'espèces non apparentées (d'autres espèces).

### Gènes " synthétiques "

Quelquefois des gènes synthétiques sont utilisés dans le transfert de gène : la séquence de base de l'ADN dans le gène à introduire a été modifiée. Dans la plupart des cas, la dernière base dans un codon (triplet) peut être changée sans modifier l'acide aminé qu'il code. Avant que le gène bactérien Bt ne soit introduit dans la plante, il est modifié pour rendre le ratio CG:AT semblable à celui des plantes. Ces modifications sont nécessaires pour que l'expression du gène dans les cellules de la plante soit satisfaisante.

### Antisens et sens partiel

L'un des facteurs impliqué dans le ramollissement des fruits est une enzyme, la



polygalacturonase ou PG qui casse la pectine dans la paroi cellulaire. En produisant la tomate *Flavr Savr*<sup>®</sup> (qui ne devient pas molle à maturité), la tactique des scientifiques travaillant pour *Calgene* aux USA était de faire une 'copie inversée' du gène PG et ensuite de l'introduire dans les cellules de la plante. Les ARN produits à la fois par le gène d'origine et par le gène introduit se complètent. L'expression du gène PG dans la tomate est réduite et en conséquence le processus de ramollissement est retardé. La tomate *Flavr Savr*<sup>®</sup> a seulement été vendue aux USA, mais a été actuellement retirée du marché.

Au Royaume Uni, *Zeneca Plant Sciences* a développé une tomate pour laquelle une technique légèrement différente a été utilisée pour réduire le ramollissement. On a inséré un gène PG raccourci qui, de façon non complètement élucidée, réduit la production de polygalacturonase. On pense que les ARN produits par les deux gènes interfèrent.

Plusieurs sociétés de biotechnologie essayent de modifier la teneur et la quantité d'amidon dans les pommes de terre. En utilisant la technique antisens, une société danoise essaye d'inhiber le gène de l' $\alpha$ -amylase qui provoque la transformation de l'amidon en sucre pendant le stockage des pommes de terre. La formation de sucre est un processus naturel et une condition nécessaire à la germination, mais elle n'est pas souhaitable pour le stockage. Si cette société réussit, on disposera d'une pomme de terre qui se stockera beaucoup mieux sans détérioration. Dans le même temps, on aura obtenu une pomme de terre améliorée pour fabriquer des crisps et des chips car le taux de sucre plus faible réduira la propension de la pomme de terre à brûler lorsqu'elle est frite de manière intense.

### Gènes marqueurs

Les gènes marqueurs sont des gènes introduits dans le but d'identifier et d'isoler les cellules qui ont été transformées de celles qui n'ont pas fixé le gène désiré. Les gènes marqueurs dans les bactéries sont souvent des gènes de résistance aux antibiotiques. Dans les cellules des plantes, le gène marqueur est souvent un gène qui apporte une tolérance à un herbicide, par exemple le glyphosate. Une préoccupation fréquente dans l'évaluation des risques est de savoir s'il est possible pour un gène de plante transgénique d'être transféré dans une bactérie.

Le tube digestif d'un animal ou d'un être humain serait un bon environnement pour une telle opération car, durant la digestion, l'ADN de la plante est mis en présence de millions de bactéries. L'opinion des experts est que ce type de transfert est hautement improbable. Néanmoins, les gènes préférés actuellement pour cela confèrent une résistance à des antibiotiques qui ne sont pas utilisés dans les traitements médicaux de l'homme. Le gène de résistance à la kanamycine est donc l'un de ceux considérés comme acceptable. Il n'est pas utilisé dans les traitements médicaux, et beaucoup de bactéries du sol lui sont déjà résistantes. L'utilisation du gène conférant une résistance à l'ampicilline est, pour la même raison, moins acceptable comme gène marqueur car l'ampicilline est utilisée dans les traitements médicaux. Des travaux complémentaires sont en cours sur l'utilisation de gènes alternatifs pour des enzymes métaboliques comme marqueurs génétiques.

## L'utilisation des plantes transgéniques

### Essais sur parcelles et réglementations

#### Economie et recherche

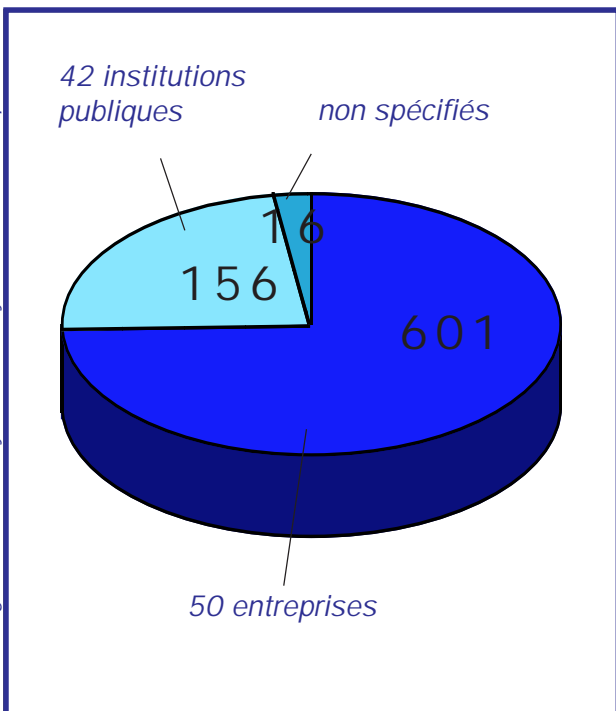
Autrefois (ce qui, dans ce domaine, signifie 10 à 15 ans en arrière), il y avait de nombreux petits sélectionneurs dans chaque pays. Cependant, beaucoup de ces petites sociétés ont été rachetées ou ont fusionné et le marché est maintenant dominé par quelques grosses firmes multinationales. L'utilisation des biotechnologies pour accélérer la production de plantes n'est pas bon marché : la nécessaire main d'oeuvre, les matériaux et les méthodes utilisés coûtent cher. L'utilisation des biotechnologies dans la production de plantes n'a donc été possible que parce que les sociétés ont été de taille suffisante pour supporter un tel investissement en recherche et développement. Aujourd'hui, la recherche dans ce domaine financée par de l'argent public est faible comparativement à celle entreprise par les firmes multinationales

Le gros investissement en recherche de la part de l'industrie a eu pour effets de réduire à la fois la diversité des thèmes de recherche fondamentale et le délai entre la recherche et ses applications

**Figure 3 : Nombre de demandes d'essais sur parcelles pour les plantes transgéniques par type de demandeurs**

**Figure 4 : Essais sur parcelles de plantes transgéniques dans le monde : 1986 - 1994**

Source: Agro Food Industry Hi tech, Italy, Vol: 2 5 March/April 1994



commerciales. La Figure 3 donne des précisions sur les demandes d'expérimentations sur parcelles de plantes transgéniques en Europe.

### Essais sur parcelles

Les plantes transgéniques sont produites et testées dans le monde entier, comme on peut le voir sur la Figure 4. Les chiffres n'indiquent pas le nombre de nouvelles variétés créées car beaucoup font l'objet de plusieurs essais. La Chine aurait établi sa propre réglementation pour les essais sur parcelles, mais on sait peu de choses sur le travail réalisé là-bas.

### Evaluation des risques

Les principales questions à traiter dans une évaluation des risques des plantes transgéniques peuvent être résumées ainsi :

- les possibilités de transfert du matériel génétique à d'autres organismes,
- les conséquences environnementales,
- les effets sur la santé humaine et animale.

Les investigations sont faites au cas par cas en utilisant des systèmes " modèles " de complexité graduellement croissante en introduisant des organismes autres que ceux étudiés. Des systèmes artificiels sont bien définis rendant les expérimentations faciles à répéter. Les études

Pays	Nombre d'essais
<b>Europe</b>	
Allemagne	6
Belgique	81
Danemark	11
Espagne	16
Finlande	10
France	168
Hongrie	4
Italie	14
Norvège	1
Pays-Bas	84
Portugal	4
Royaume Uni	78
Suède	17
Suisse	2
<b>Asie</b>	
Australie	26
Chine	30
Japon	8
Nouvelle Zélande	15
Thaïlande	2
<b>Amérique du Nord</b>	
Canada	358
USA	1,031
<b>Afrique</b>	
Afrique du Sud	9
Egypte	1
<b>Moyen Orient</b>	
Israël	4
<b>Amérique latine et Caraïbes</b>	
Argentine	20
Belize	4
Bolivie	4
Chili	13
Costa Rica	5
Cuba	9
Guatemala	1
Mexique	15
République Dominicaine	1
<b>World Total</b>	<b>2053</b>

Source: The Gene Exchange, Vol. 5, No. 3, December 1994

sont faites sur des systèmes qui progressivement se rapprochent des écosystèmes naturels. Un grand nombre de problèmes expérimentaux sont rencontrés dans les systèmes les plus complexes et il est important de souligner que, pour l'évaluation des risques, l'information issue de tous les systèmes peut être utile.

### La réglementation dans l'UE

Une condition nécessaire préalable à la commercialisation d'une plante transgénique est que cette plante ait été testée sur parcelles sans effets imprévus, en particulier en ce qui concerne le croisement avec d'autres plantes cultivées ou sauvages de la même famille. L'autorisation pour les essais sur parcelles est donnée par les autorités du pays concerné. Les autorités des autres pays de l'UE peuvent contester une demande d'essai dans un délai de 30 jours (pour plus de détails, voir Annexe 1).

Si une licence pour la vente d'une variété ou d'un produit transgénique est accordée par un pays de l'UE, l'autorisation obtenue dans ce pays entraîne automatiquement l'autorisation dans tous les pays de l'UE. Une licence peut être remise en question par les autorités des autres pays membres dans un délai 60 jours. Au Danemark, la législation permet aux organisations intéressées et aux groupes écologistes de participer à la discussion et 10 associations différentes le font régulièrement. L'une d'entre

elles est l'Association des Biologistes Danois (une organisation d'enseignants en biologie des écoles secondaires danoises), ce qui offre une bonne occasion aux enseignants de biologie et à leurs élèves de comprendre et de suivre les cas d'actualité.

## Quelles sont les plantes concernées ?

### Pour quels caractères ?

Dans le monde, les chercheurs travaillent sur différents types de gènes. Comme beaucoup de ces travaux sont commercialement sensibles, l'information les concernant n'est pas disponible. C'est seulement lorsque la demande d'essai sur parcelles est faite que les travaux sont rendus publics et que leurs orientations deviennent apparentes.

Dans un bilan des essais sur parcelles (Figure 5) on peut voir que le groupe le plus important de plantes testées est celui des plantes modifiées à des fins de tolérance à différents herbicides tels que le *Roundup*<sup>®</sup> et le *Basta*. Ceci reflète la tendance mondiale dans ce domaine. Des gènes de tolérance aux herbicides ont été les premiers à être transférés avec succès dans les plantes cultivées.

**Figure 5 : Les cinq plantes principales génétiquement modifiées entre 1986 et 1994  
Nombre d'essais sur parcelles par espèce et par caractère**

Caractères	Nombre d'essais (*) sur parcelles				
	Pomme de terre	Colza	Tabac	Mais	Tomate
Tolérance aux herbicides	16 (5)	94 (7)	29 (6)	54 (3)	21 (5)
Amélioration de la qualité	31 (9)	57 (5)	13 (4)	15 (2)	39 (3)
Résistance aux virus	60(12)	2 (2)	24 (7)	10 (4)	20 (9)
Résistance aux insectes (Bt)	34 (4)	3 (3)	19 (3)	24 (2)	16 (1)
Gène marqueur	23 (7)	17 (5)	28 (9)	8 (4)	4 (3)
Résistance aux champignons	9 (7)	5 (4)	9 (4)	2 (1)	
Caractères multiples	8 (7)	2 (1)	4 (3)		
Résistance aux bactéries	9 (3)	1 (1)			
Non spécifié	3	1	5	5	3

(\*) Le nombre de propriétés différentes introduites dans la plante est indiquée entre parenthèses.

Source: P.Ahl Goy and J.H.Duesing, From Pests to Plots: Genetically Modified Plants on Trial. 1995 Biotechnology Vol. 13. May. 454-458.

## Figure 6: Plantes transgéniques pour lesquelles des demandes d'essais sur parcelles ont été faites dans le monde (1994)

La liste n'est complète que pour les demandes d'essais dans l'UE. Toutes les plantes de la liste n'ont pas été testées sur parcelles. Comme curiosité, on peut mentionner que le colza résistant à l'herbicide n'a pas été testé, comme prévu en Allemagne en 1994, parce que la zone d'essai a été bloquée par des activistes pendant la saison de croissance. Des essais ont maintenant eu lieu dans divers pays. Beaucoup de plantes énumérées dans les essais de l'UE ont aussi été testées dans des pays tiers.

Plantes	Essais UE	Essais hors UE
<b>Légumes, fruits et autres plantes alimentaires:</b>	Pomme, Carotte, Choux-fleur, Chicorée, Laitue, Maïs, Melon, Pomme de terre, Courge, Fraise, Tomate, Blé, Vin	Asperge, Concombre, Kiwi, Papaye, Riz, Prune, et Noix
<b>Plantes pour l'alimentation animale et à usage non alimentaire:</b>	Luzerne, Betterave fourragère, Coton, Colza, Soja, Betterave sucrière, Tournesol, Tabac	Lin
<b>Fleurs:</b>	Chrysanthème, Pétunia, Souci, Dianthus	Gerbera
<b>Arbres:</b>	Bouleau, Eucalyptus, Peuplier	

Source: Agro Food Industry 2 vol. 5 March/April 1994 and List of SNIFis DGIX, Oct.

### Quelles sont les plantes cultivées?

Les travaux réalisés dans le monde entier portent sur une grande variété de plantes. Evidemment ces travaux ne vont pas tous jusqu'à la demande d'essai sur parcelles, mais ils constituent la principale source d'information sur les plantes cultivées pour lesquelles des variétés transgéniques sont produites (voir Figure 6).

### Quelles sont les plantes transgéniques sur le marché ?

Lorsqu'on considère les plantes transgéniques qui ont actuellement obtenu un agrément de vente, la liste (Figure 7) est plus courte. La Chine cultive aussi plusieurs plantes transgéniques différentes pour la vente tels que du tabac résistant aux virus, de la tomate et du poivre doux, mais il n'existe pas d'information disponible sur les contrôles possibles des programmes et des essais sur parcelles de ces plantes (Rapport Prosamo).

## Figure 7 : Plantes transgéniques homologuées pour la mise en marché (jusqu'à fin 1996).

Union Européenne (jusqu'à février 1997)	USA, Mexique, Canada (jusqu'à novembre 1996)
<p><b>Tolérance aux herbicides:</b> Colza (Basta, seulement comme semences); Maïs (mis en vente le 24/1/97 pour la semence, l'alimentation humaine et animale); Tabac (Bromoxynil, autorisation de mise en marché non utilisée); Soja (Basta, non cultivé dans l'UE).</p> <p><b>Aussi:</b> Chicorée rouge- salade- (mâle stérile, autorisation de production et de vente pour la semence seulement, nécessité d'une nouvelle autorisation pour la commercialisation à des fins alimentaires pour l'homme et l'animal).</p>	<p><b>Tolérance aux herbicides:</b> Colza, (Basta); Maïs, (Basta); Soja, (Basta, Roundup); Coton, (Roundup); Colza, (Roundup); Coton, (Bromoxynil).</p> <p><b>Résistance aux insectes:</b> Coton, (Gène Bt, 3 sociétés); Pomme de terre (Gène Bt); Maïs (Gène Bt, 3 sociétés).</p> <p><b>Aussi:</b> Courge résistante au virus; Colza avec une composition en acides gras modifiée; Tomates avec des caractéristiques pour le ramollissement et la maturité modifiées: Tomates Flavr Savr® (gène PG antisens, maintenant retiré); Tomato Zeneca (gène PG sens partiel, vendu seulement au Royaume Uni) ; Tomato Endless Summer (moindre production d'éthylène); Tomato Cherry; Tomato (maturité retardée).</p>

Source: for E.U.: National Food Agency of Denmark and The Danish Environmental Protection Agency. Source for USA, Mexico and Canada: The Gene Exchange vol. 7 no. 1 Dec 1996

### Tolérance aux herbicides

Le Glyphosate est l'un des plus puissants herbicides à large spectre connus. Il est commercialisé sous la marque *Roundup*<sup>®</sup>. Le *Roundup*<sup>®</sup> agit en inhibant l'action d'une enzyme, la 5-enolpyruvyl-shikimate-3-phosphate synthase (EPSP synthase). Cette enzyme est nécessaire pour la production de la tyrosine, acide aminé aromatique, de la phénylalanine et du tryptophane, acides aminés essentiels pour la croissance des plantes. Les animaux prélèvent ces acides aminés dans leurs régimes et ne possèdent pas l'enzyme EPSP synthase, aussi ne sont-ils pas affectés par le glyphosate. Le gène de l'enzyme EPSP synthase a été isolé et modifié, en utilisant les techniques du génie génétique afin de produire de grandes quantités de EPSP synthase. Celui-ci a été introduit dans des plantes cultivées comme la tomate, le soja, le coton et le colza pour les rendre tolérants au glyphosate à des niveaux pouvant être utilisés pour contrôler les mauvaises herbes.

### Résistance aux insectes

Des gènes de *Bacillus thuringiensis* (Bt) sont les seuls gènes insecticides utilisés à l'heure actuelle. Le cytoplasme des cellules bactériennes ne contient pas les organites complexes tels que les mitochondries et les chloroplastes que l'on trouve dans les cellules animales et végétales. Cependant certaines espèces de bactéries contiennent des structures cytoplasmiques, par exemple des endospores et, dans le cas de *B. thuringiensis*, d'un corps parasporal cristallin. Le corps parasporal contient une protéine toxique, la crystal protéine (cry). Chez *B. thuringiensis*, les gènes de la toxine sont portés par de gros plasmides. Il y a plusieurs variants cry et chacun d'eux est toxique pour un groupe très spécifique d'insecte.

Les variants les plus courants sont :

<i>Kurstak</i>	$\delta$ -endotoxine* type I	chenilles
<i>Kurstaki</i>	$\delta$ -endotoxine* type II	chenilles, coléoptères
<i>Tenobriosis, San Diego</i>	$\delta$ -endotoxine* type III	coléoptères
<i>Israelensis, Morrisoni</i>	$\delta$ -endotoxine* type IV	diptères (moustiques et mouches)
<i>Thuringiensis</i>	$\beta$ -exotoxine**	mouches et autres

\* les  $\delta$ -endotoxines sont emmagasinées dans les bactéries sous forme de cristaux contenant les précurseurs de la véritable toxine. La plupart des espèces d'insectes sensibles ont des sécrétions stomacales alcalines qui dissolvent les cristaux; ils possèdent aussi des enzymes pour la conversion des précurseurs de la toxine en toxine active. Le type I-IV peut être encore subdivisé.

\*\* la  $\beta$ -exotoxine est excrétée par les bactéries. Sa fonction est de bloquer la mitose, son usage est interdit en Europe et aux USA à cause de son pouvoir de modification des chromosomes et de ses effets toxiques sur les embryons des animaux supérieurs. Des souches de Bt avec de la  $\beta$ -exotoxine sont produites et utilisées dans l'ancienne Union Soviétique.

Ensemble ils peuvent tuer plus de 100 espèces d'insectes, mais ils sont inoffensifs pour les araignées et beaucoup d'autres insectes, les animaux supérieurs et les humains. Ceci est dû à trois facteurs :

- le cristal se dissout lorsqu'il est ingéré par les insectes en raison des conditions alcalines dans leur tube digestif ;
- une protéase spécifique est produite dans le tube digestif ;
- les cellules du tube digestif sont particulièrement efficaces pour absorber le poison.

Les toxines se décomposent rapidement dans l'environnement et ne laissent aucun résidu nocif.

# Etudes de cas



## Le colza

En 1995, la production d'un colza résistant à un herbicide (le Basta) a été acceptée par l'Union Européenne. Mais le vote n'a pas été unanime. Le Danemark a voté contre, arguant du fait que le colza peut se croiser avec la ravenelle, une mauvaise herbe souvent présente dans les champs. Des croisements pourraient aussi se produire avec d'autres variétés de colza poussant dans le voisinage, ce qui pourrait rendre résistants ces colzas et les mauvaises herbes de la même famille. Ainsi, des variétés de colza pourraient devenir des mauvaises herbes persistantes, d'autant plus que les graines de colza peuvent rester en terre des années en gardant leur pouvoir de germination.

Le bénéfice attendu est de pouvoir contrôler les mauvaises herbes avec quelques pulvérisations de Basta, un herbicide peu dommageable pour l'environnement. Mais, si la résistance s'étend à d'autres variétés, cela pourrait conduire au bout du compte à avoir besoin de réaliser davantage de traitement avec des produits moins respectueux de l'environnement, et donc d'aller à l'encontre de l'objectif initial. On peut mentionner, à titre de curiosité, que les expérimentations réalisées au Danemark sur des betteraves à sucre résistantes au *Roundup*<sup>®</sup> ont mis en évidence de nombreuses plantes hybrides entre les betteraves à sucre et des betteraves sauvages. Les recherches sur les populations naturelles de betterave sauvage ont montré que des gènes de la betterave à sucre avaient été intégrés.

## Le maïs

Certaines variétés de maïs, qui poussent aux USA, ont été génétiquement modifiées pour résister à un ravageur, la Pyrale. Ce nuisible perce la tige et l'épi ; la plante ou l'épi tombe alors par terre. En moyenne, 4% des récoltes annuelles mondiales sont détruites, et jusqu'à 20% dans plusieurs régions infestées. La Pyrale est traditionnellement contrôlée par des pulvérisations d'insecticides chimiques ou biologiques. Mais, ces insecticides sont seulement efficaces pendant les trois premiers jours du cycle de vie de l'insecte. Les nouvelles variétés de maïs contiennent un gène Bt codant pour la protéine qui tue cet insecte. Les gènes variants Bt sont identiques à ceux introduits dans les plants de

coton américains que nous avons décrits précédemment.

Ces nouvelles variétés de maïs génétiquement modifiées vont être importées en Europe sous forme de grains destinés à être utilisés dans la fabrication de l'amidon et des sirops de glucose et dans l'alimentation. Ce maïs modifié contient un gène marqueur de résistance à l'ampicilline (un antibiotique), mais ce gène est inactif et ne s'exprime pas dans le maïs. L'ampicilline est un antibiotique utilisé en médecine. Plusieurs pays ont exprimé leur inquiétude quant à la présence du gène marqueur de résistance à l'ampicilline et quant au problème d'étiquetage des produits dans lesquels le maïs est utilisé. 0,6 % de la récolte de 1996 aux USA, issus de variétés génétiquement modifiées, n'ont pas été identifiés par rapport au reste de la récolte. Néanmoins, l'importation de ce maïs " transformé ", destiné à être utilisé dans les produits alimentaires, a été acceptée en Europe (Janvier 1997).

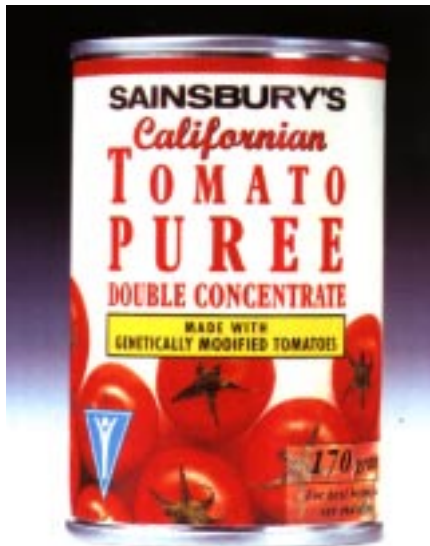
## Les tomates

En Europe, une purée de tomate fabriquée par Zeneca Plant Sciences au Royaume Uni qui comprend le gène PG (*voir page 9*) a été le premier aliment transgénique mis à la disposition du consommateur. La nouvelle purée présente plusieurs avantages : moins de perte au cours des transports, réduction des besoins énergétiques en cours de fabrication et augmentation de la flaveur du fait de l'utilisation de températures plus basses en cours de fabrication. Les tomates Zeneca poussent au Mexique et aux USA, la purée est seulement disponible en conserve au Royaume-Uni. Les boîtes sont clairement étiquetées (*Figure 8*).

La tomate Zeneca contient aussi un gène de résistance à la kanamycine. Les gènes introduits sont détruits au cours du processus de fabrication. Il était important, avant l'approbation à la vente de la purée, que toute modification nutritionnelle ou tout risque d'allergie (dû à la présence de nouvelles protéines) soient évalués. Toutes les recherches, jusqu'à présent, ont montré qu'il n'y avait pas de problème de ce type.

Il est actuellement possible, grâce à la réaction de polymérase en chaîne (PCR) (*voir le Module 2 de l'EIBE*), de détecter de minuscules quantités de matériel génétique incorporées dans les tomates modifiées qui sont utilisées dans la

**Figure 8 : Purée de tomates génétiquement modifiées vendue au Royaume Uni.**



fabrication de la purée. L'ADN est une molécule extrêmement stable. Ces gènes, très peu présents dans la purée, ne peuvent pas être considérés comme dangereux.

Aux USA, la tomate *Flavr Savr*<sup>®</sup>, fabriquée avec la technique antisens en vue de ralentir sa maturation, a été retirée du marché à cause de problèmes apparus au cours de sa culture. La souche sélectionnée s'est révélée sensible aux maladies. Pendant la saison 1995, elle a été vendue aux USA.

### Le soja

Le premier soja tolérant à un herbicide (le *Roundup*<sup>®</sup>), produit aux USA, a été autorisé sur le marché européen en avril 1996. Trois pays se sont opposés à cette approbation du fait du manque de réglementation concernant l'étiquetage. Ils voulaient que le public ait le droit de choisir d'acheter des aliments produits à partir de plantes génétiquement modifiées. Le *Roundup*<sup>®</sup> est considéré comme un herbicide relativement acceptable pour l'environnement car il se dégrade très vite dans le sol. Sur le plan nutritionnel, il n'y a aucune différence entre le soja génétiquement modifié et le soja non modifié. Les sentiments soulevés par l'utilisation de soja transgénique peuvent être comparés à ceux des gens qui choisissent les aliments biologiques à la place de produits fermiers plus classiques. Donc, quand le bateau *Hanjin Tampa* faisait route à travers l'Atlantique, juste avant Noël 1996, transportant 23 000 de tonnes de

soja destinés à entrer dans la fabrication de produits alimentaires ou pour l'alimentation du bétail, cela a fait la une des médias danois, et conduit presque au chaos le parlement danois, car la cargaison était faite d'un mélange de soja transgénique et de soja "normal". Au Danemark, selon la décision parlementaire de 1994, les aliments génétiquement modifiés doivent être étiquetés. Cette décision se maintiendra jusqu'à ce que la Réglementation Européenne sur les Nouveaux Aliments entre en pratique en 1997. Cette réglementation n'exige pas qu'une firme étiquette les aliments contenant un produit manufacturé s'il n'y a pas de différence majeure entre le produit fait à base de plantes transgéniques et le produit traditionnel, mais les firmes peuvent choisir d'étiqueter ces aliments.

Tandis que le *Hanjin Tampa* s'approchait du port danois d'Årtus, les gens (au Danemark, et dans toute l'Europe) prirent conscience que le soja est un composant majeur de nos aliments manufacturés. Plus de 60% des aliments manufacturés contiennent du soja ou des produits dérivés du soja. Très peu de consommateurs étaient auparavant conscients de cet état de chose. Jusqu'à présent (février 1997) le soja d'Årtus n'a pas été utilisé pour la fabrication d'aliment au Danemark, selon les habitudes utilisateurs. Cette situation a soulevé beaucoup d'incertitude qui aurait pu être évitée si la firme avait choisi une autre politique plus ouverte et plus respectueuse des consommateurs. Un parallèle peut être fait avec la purée de tomate vendue au Royaume Uni qui est clairement étiquetée (*Figure 8*). La purée de tomate a été un réel succès auprès des consommateurs. Les consommateurs ne sont pas contre l'utilisation des technologies génétiques modernes *en soi*, s'ils peuvent en voir les avantages et les bénéfices. C'est donc important de préserver la circulation des informations pour éviter la méfiance entre producteurs et consommateurs.

## Perspectives et problèmes

Il y a de nombreux domaines traditionnels d'amélioration des plantes cultivées qui ont été développés en ayant recours à l'utilisation de la transgénèse, notamment en ce qui concerne l'amélioration du contenu nutritionnel, la résistance à divers nuisibles, le contrôle d'agents pathogènes et de mauvaises herbes et l'amélioration de la résistance aux stress environnementaux. Les plantes transgéniques peuvent aussi être utilisées en tant que nouvelles matières premières améliorées pour une large gamme d'industries (dans les domaines de la construction, du textile, de la teinture, de l'emballage et de la médecine). Par exemple, la recherche travaille à la production d'huiles destinées à la fois à l'industrie alimentaire et à des applications non-alimentaires, à la fabrication de plastiques biodégradables et à la production de carburants à partir des plantes. Dans le domaine médical, des plantes transgéniques ont été fabriquées pour la production de molécules de haute valeur comme les antibiotiques, les vaccins et les anticoagulants.

### Quelques problèmes à considérer

Quel pourrait être l'impact du développement de résistances chez les ravageurs ?

Le Bt a été utilisé en pulvérisation depuis plus de trente ans sans problème. C'est l'un des rares moyens de contrôle des insectes qui peut être utilisé par les agriculteurs biologiques. Cependant, depuis la large utilisation du Bt dans les années 90, des rapports dispersés mettent en évidence la possible émergence de chenilles résistantes dans les champs de coton du Mississippi aux USA.

Est-ce que l'utilisation de plantes transgéniques entraînera la réduction des niveaux d'utilisation des herbicides et des pesticides ?

Un rapport danois a mis en évidence que la présence de plantes résistantes à des herbicides pourrait induire une utilisation des herbicides dans le futur (plus faible, identique ou plus forte), selon le type de plante.

Les concentrations croissantes des pesticides dans l'eau inquiète, surtout depuis que ce fait a été relié à la dégradation de la qualité et de la quantité du sperme humain.

Est-ce que le développement de variétés résistantes aux pesticides réduira ces taux ?

### Bénéfices commerciaux/ bénéfiques pour la société... ?

Il y a aussi beaucoup de questions politiques, écologiques, économiques, sociales et éthiques qui peuvent être soulevées, par exemple :

- Est-ce que les pays développés feront cultiver des plantes transgéniques par les pays sous-développés qui produisent actuellement de façon traditionnelle ces mêmes plantes ?
- Des firmes développant des plantes transgéniques résistantes à des herbicides et à des insectes vendent à la fois les semences et les herbicides. Des monopoles tout puissants pourraient se développer.
- Est-ce que les aliments contenant des produits issus de plantes transgéniques seront étiquetés sur les points de vente ? De quelles autres informations le consommateur a-t-il besoin pour pouvoir faire un choix ?
- Quels seront les effets de l'utilisation de nouvelles variétés transgéniques sur le contenu nutritionnel des fruits et des légumes et sur les aliments manufacturés ?

### Le chemin à suivre...

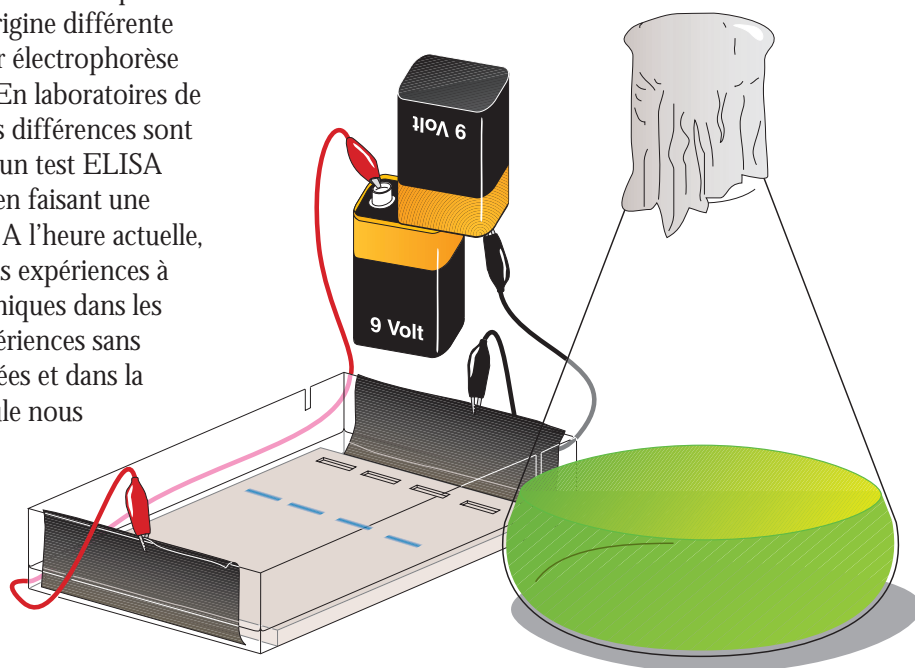
Avant que la permission ne soit accordée pour la dissémination de plantes transgéniques dans l'environnement, de nombreux facteurs doivent être pris en considération :

- La plante doit être saine pour les humains et les animaux ;
- La plante ne doit pas engendrer de problème écologique ;
- Les risques associés au développement de résistance doivent être évalués et des stratégies de suivi doivent être élaborées ;
- La culture de plantes traditionnelles doit être développée en parallèle au développement de plantes transgéniques ;
- Il doit y avoir une étude au cas par cas de toutes les plantes transgéniques ;
- Des systèmes modèles doivent être étudiés pour prédire l'effet de la dissémination dans l'environnement ;
- Les individus intéressés, les organisations de scientifiques, de consommateurs, d'agriculteurs, d'écologistes et tout autre groupe concerné doivent être informés et autorisés à participer au débat.



## Travaux pratiques à l'école

Les plantes peuvent être identifiées par leur composition en protéines. Il est donc possible de voir si des échantillons de différentes plantes ont la même origine ou une origine différente en séparant leurs protéines par électrophorèse et en comparant les résultats. En laboratoires de recherche, les similitudes et les différences sont souvent montrées en utilisant un test ELISA (voir le Module 8 de l'EIBE) ou en faisant une PCR (voir Module 2 de l'EIBE). A l'heure actuelle, il n'est pas possible de faire des expériences à l'école sur des plantes transgéniques dans les pays de l'UE. Des idées d'expériences sans danger à l'école ont été évoquées et dans la prochaine version de ce Module nous espérons pouvoir fournir plus de détails.



## D'autres lectures



Risikovurdering ved gensplejsning, Munksgaard 1991

Gensplejsede planter - regulering og anvendelse, Teknologi rådet rapport 1996/1  
Høring om gensplejsede planter, Teknologi rådet, høring 1/2 - 1996

*The Proximo Report: Testing the environmental impact of plant gene technology.* David Fishlock. Published by the Laboratory of the Government Chemist, Queen's Road, Teddington, Middlesex, TW11 OLY, UK.

Roush, R. (1994), Managing Pests and Their Resistance to *Bacillus thuringiensis*: Can Transgenic Crops be Better than Sprays? *Biocontrol Science and Technology*, 4, 501-516.

Dale, P.J., J.A. Irwin and J.A. Scheffler, (1993) The Experimental and Commercial Release of Transgenic Crop Plants. *Plant Breeding* 111, 1-22.

A Public Voice on Biotechnology and Agriculture, Union of Concerned Scientists, Agricultural and Biotechnology Program, 1616 P Street, NW, Washington DC 20036 USA. *The Gene Exchange*. December 1996.

*Calgene Fresh Inc.* 1910 Fifth Street, Davis, CA 95616. USA.

*Zeneca Plant Science*, Jealott's Hill Research Station, Bracknell, Berkshire, RG12 6EY, United Kingdom.

Holmes, B. (1995), Chips are down for killer potato. *New Scientist* 6th May, page 9.

Hoyle, R. (1995) EPA okays first pesticidal transgenic plants. *BioTechnology* 13, May, 434-435.

Estruch, Juan J. (1997) Transgenic plants: An emerging approach to pest control. *Nature Biotechnology* vol. 15 no. 2

Winstanley, M. and Bowles, D. *Advances in Plant Biotechnology*. Biotechnology and Biological Sciences Research Council (BBSRC), Polaris House, Swindon SN2 1UH, United Kingdom.

Straughan, R. and Reiss, M.J. (1996) *Ethics, morality and crop biotechnology*. BBSRC. (See address above). ISBN: 0708405703.

*New Scientist* et *Nature Biotechnology* publient régulièrement des articles et des commentaires sur les plantes transgéniques.

## Décision de la Commission Européenne



Ce texte est un extrait de la décision de la Commission Européenne du 4 novembre 1994 établissant des procédures simplifiées pour la dissémination volontaire dans l'environnement de plantes génétiquement modifiées conformément à l'article 6 (paragraphe 5) de la Directive 90/220/CEE du Conseil.

(Référence : 94/730/EC-JOL292 /31,12 novembre 1994)

*Article 1 :* Les demandes présentées par la France et par le Royaume-Uni conformément à l'article 6 paragraphe 5 de la directive 90/220/CEE et concernant les procédures simplifiées décrites à l'annexe sont approuvées.

*Article 2 :* Le royaume de Belgique, le royaume de Danemark, la république fédérale d'Allemagne, le royaume d'Espagne, la République française, l'Irlande, la République italienne, le royaume des Pays-Bas, la République portugaise et le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord sont destinataires de la présente décision.

### Annexe

1. La procédure simplifiée prévoit qu'un dossier unique de notification est présenté, conformément à la partie B de la directive 90/220/CEE, pour plusieurs disséminations de plantes génétiquement modifiées issues de la même espèce réceptrice des plantes cultivées mais pouvant différer par l'une quelconque des séquences insérée ou supprimée, ou posséder la même séquence insérée ou supprimée mais différer par leurs phénotypes.
2. Un pétitionnaire peut soumettre une notification-information unique concernant plusieurs disséminations de plantes cultivées génétiquement modifiées destinées à être disséminées sur plusieurs sites différents, sous réserve des conditions suivantes :
  - la taxonomie et la biologie des plantes réceptrices doivent être bien connues,
  - des informations doivent être disponibles sur les interactions des espèces végétales réceptrices et des écosystèmes dans lesquels sont prévues les disséminations expérimentales et/ou agricoles,
  - des données scientifiques concernant la sécurité pour la santé humaine et pour l'environnement des disséminations expérimentales de plantes génétiquement modifiées issues de la même espèce végétale réceptrice doivent être disponibles,
  - les séquences insérées et leurs produits d'expression doivent être sans danger pour la santé humaine et pour l'environnement, dans les conditions de la dissémination expérimentale,
  - les séquences insérées doivent être bien caractérisées,
  - toutes les séquences insérées doivent être intégrées dans le génome nucléaire de la plante,
  - toutes les disséminations doivent relever d'un programme de travail fixé à l'avance,
  - toutes les disséminations doivent avoir lieu dans un délai fixé à l'avance.
5. Pour obtenir un seul consentement pour plusieurs disséminations, toutes les informations nécessaires pour chacune d'elles doivent figurer dans la notification unique, notamment des informations suffisantes concernant les différents sites de dissémination et le plan d'expérimentation, ainsi que l'indication des conditions éventuelles de la gestion des risques pour chaque dissémination. La notification doit

contenir une référence claire à chaque dissémination visée, ainsi que les informations appropriées pour permettre de compléter le modèle de résumé de notification.

6. Un notifiant peut également soumettre une notification unique portant sur un programme entier de travaux de développement, fixé à l'avance, concernant une seule plante réceptrice et une série déterminée d'insertions ou de suppressions pour une période de plusieurs années et sur plusieurs sites différents, et obtenir un seul consentement pour tout le programme de travail.
  - 6.1. Dans ce cas, des indications détaillées ou une description des différents sites de dissémination, des croisements sexués réalisés dans la même espèce et/ou des conditions de dissémination ne sont pas exigées dans la notification comme elles le seraient dans les conditions décrites au point 5. Cependant, la notification doit contenir des informations suffisantes pour permettre une évaluation globale des risques, et une évaluation détaillée pour au moins la première dissémination prévue par le programme de travail. Les informations dont la communication n'est pas obligatoire ne peuvent concerner les sites de dissémination, leur description et leur superficie, le nombre de plantes disséminées ainsi que les croisements sexués des plantes faisant l'objet de la première notification (y compris leur descendance) entre elles et/ou avec des lignées issues des espèces végétales réceptrices faisant l'objet de la première notification (y compris la descendance de ces croisements).
8. Lorsque le consentement unique est accordé conformément à des procédures simplifiées, des conditions peuvent être imposées pour chacune des

disséminations visées. Ces conditions peuvent être modifiées ultérieurement par l'autorité compétente, conformément à l'article 6 paragraphe 6 de la directive.

9. Après la réalisation d'une ou plusieurs des disséminations approuvées dans le cadre de la procédure simplifiée, le pétitionnaire présente à l'autorité compétente un rapport sur les résultats de la ou des disséminations, au moment indiqué dans l'autorisation. Les rapports peuvent être soumis séparément ou joints, dans une partie bien distincte, à une notification présentée pour des disséminations ultérieures.
10. Les autorités compétentes peuvent modifier les conditions du premier consentement ou intervenir pour modifier les conditions des disséminations suivantes sur la base des résultats figurant dans les rapports ou sur la base d'informations obtenues au cours des inspections.

# Questionnaire



## Concept de gène, de plante et de l'expression des caractères génétiques

Nom: ..... Age: ..... Date: .....

Classe: ..... GARÇON FILLE *(SVP entourez la réponse)*

*SVP écrivez vos réponses aux questions suivantes dans l'espace réservé à cet effet.*

1. Décrivez à votre façon ce que vous pensez que sont les gènes.
  
2. Où les gènes se manifestent-ils ?
  
3. D'où viennent les gènes ?
  
4. Où sont situés les gènes ?
  
5. Est-ce que les plantes contiennent des gènes ? Expliquez votre réponse.
  
6. Il est maintenant possible de transférer des gènes dans les plantes. Quels gènes trouveriez-vous intéressant de transférer dans des plantes et pourquoi ?
  
7. Pensez-vous qu'il y a des risques et des bénéfices liés à de tels transferts de gène ?  
Risques OUI NON Bénéfices OUI NON *(SVP entourez la réponse)*  
Si oui, quels risques/bénéfices ?
  
8. Si vous avez une opinion personnelle concernant la technologie génétique, SVP faites-en part ici.