

**OGM :**

**Organismes Géniaux et Merveilleux,**

ou

**Organismes Génétiquement Monstrueux,**

ou

**Outils Génétiques de Marketing ?**

**Qu 'est-ce qu 'un OGM ?**

**Un organisme génétiquement modifié (OGM)** est un organisme vivant (micro-organisme, végétal, animal) ayant subi une modification non naturelle de ses caractéristiques génétiques initiales, par ajout, suppression ou remplacement d 'au moins un gène.

Plus succinctement, on appelle OGM tout organisme hébergeant un ou plusieurs gènes provenant d 'une espèce à laquelle il n 'appartient pas.

Toute opération conduisant à l 'obtention d 'un OGM est appelée **transgénèse**, et l 'OGM est également appelé **organisme transgénique**.

Avant tout, il faut savoir que les OGM ne sont pas restreints au domaine agroalimentaire. Il ont de multiples domaines d'application, et donc de multiples facettes que l'on pourrait, de façon un peu caricaturale, résumer de la sorte. Pris dans leur globalité, les OGM sont un petit peu tout cela à la fois.

Par conséquent, dire que l'on est pour ou contre les OGM ne veut pas dire grand chose en soi. Il faut bien savoir de quels OGM il s'agit, et dans quels contextes ils sont utilisés.

La première phrase correspond à la véritable définition (académique). La seconde est un peu plus restrictive mais correspond à la très grande majorité des OGM.

## Quelques notions indispensables

### ADN



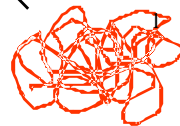
Chaque brin de la double hélice est constitué de l'enchaînement de 4 molécules différentes identifiées par 4 lettres : A, G, C et T

AGGCTATGATGTTTCAG//AAGGTACATAAGTCC



### Gène

*Processus de traduction*

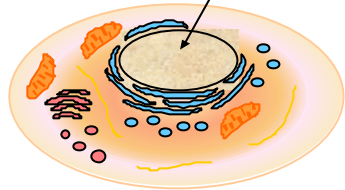


### Protéine

Chaque gène détient le message qui code une protéine

### Cellule

### Noyau



Les protéines participent soit :  
- à l'édifice cellulaire (rôle structural);  
- l'"usine cellulaire" (enzyme, hormone, récepteur, etc...)

Chaque protéine est constituée de l'enchaînement de 20 molécules différentes : les acides aminés

Tous les organismes vivants sont constitués de cellules. Certains microbes sont unicellulaires (une seule cellule). En revanche, les organismes beaucoup plus complexes comme les animaux, les végétaux, sont constitués de milliards de cellules. Celles-ci ont des spécialités diverses (ex : cellules du foie, du rein, cellules nerveuses, osseuses, sanguines, etc...), mais également des caractéristiques communes. Toutes les cellules sont de véritables usines dans lesquelles se trouve tout un réseau de compartiments, de vésicules, de saccules. L'une de ces structures, plus grosse que les autres, s'appelle le noyau et renferme de grosses molécules extrêmement compactées : ce sont les chromosomes. Chacune de ces grosses molécules est constituée de deux brins parallèles enroulés sur eux-mêmes pour former ce qu'on appelle une double hélice : c'est la double hélice d'ADN. Séquencer une double hélice d'ADN, c'est définir l'ordre de succession, sur chacun des deux brins, des 4 molécules de base qui la constituent (A, G, C et T). Seuls certains morceaux de séquence détiennent un message biologique pour la cellule : ce sont les gènes. Chaque gène détient le secret de fabrication d'une protéine, et la cellule dispose de toute la machinerie qui lui permet, à partir d'un gène, de fabriquer la protéine correspondante, c'est-à-dire de traduire le langage génétique.

Pour résumer, on peut dire que le génome d'un organisme (l'ensemble de ses différentes molécules d'ADN) est une encyclopédie où chaque chromosome est un volume dans lequel les phrases sont des gènes, le tout étant écrit dans un alphabet de 4 lettres.

Les protéines sont de grosses molécules qui participent à l'édifice cellulaire (ce sont en quelque sorte des parpaings de l'usine) ou qui sont les acteurs de tous les processus biologiques de la cellule (ce sont les ouvriers de l'usine) (enzymes, hormones, transporteurs de petites molécules, etc ...).

La possibilité de faire des OGM repose sur le fait que le langage génétique, et donc le processus de traduction, est universel (de la bactérie à l'éléphant, en passant par les humains et les plantes). Autrement dit, n'importe quel organisme est capable de "traduire" un gène qui ne lui appartient pas et de fabriquer ainsi la protéine correspondante.

## Deux grandes démarches en recherche biologique fondamentale

1) Gène  $\Rightarrow$  Fonction ?

2) Fonction (ou une perte de fonction)  $\Rightarrow$  Gène ?

## OGM et Recherche Fondamentale

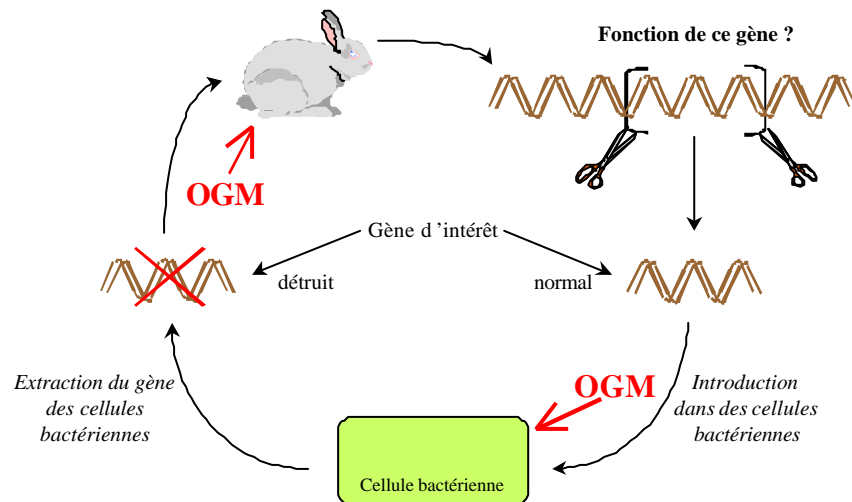
Le premier domaine de fabrication et d'utilisation des OGM fut celui de la recherche biologique fondamentale qui consiste à décortiquer les processus biologiques (c'est-à-dire comprendre comment ça marche).

En effet, pour comprendre comment fonctionne un processus biologique, il faut en identifier les acteurs, c'est-à-dire les protéines. Et comme le secret de fabrication des protéines est contenu dans les gènes, il faut identifier les gènes.

Chacune de ces deux grandes démarches nécessite de passer par des organismes génétiquement modifiés.

Le schéma qui suit a pour but d'illustrer cette nécessité à travers la première de ces démarches.

## Détermination de la fonction d'un gène



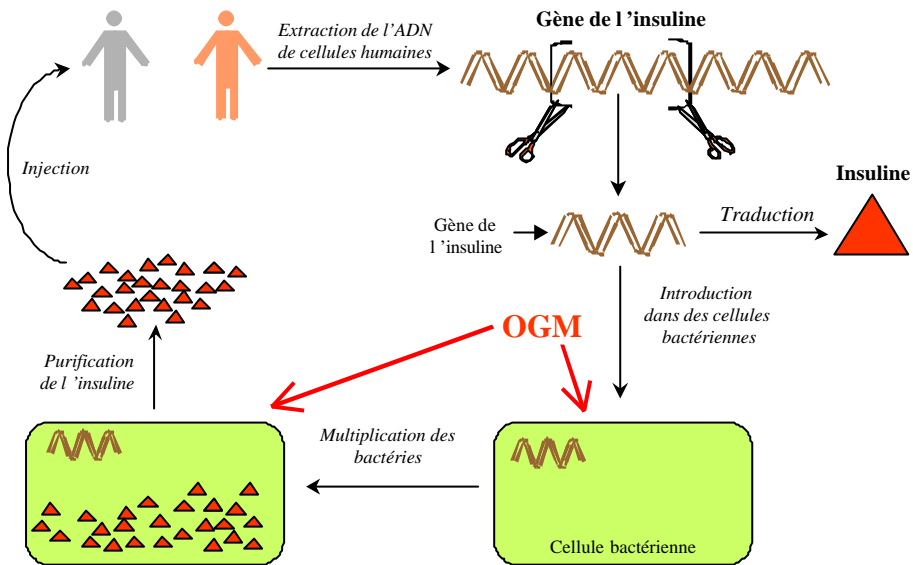
Nous avons identifié un gène (ici de lapin) dont nous voulons connaître la fonction (c'est-à-dire le processus biologique dans lequel est impliquée la protéine codée par ce gène).

Le principe est alors le suivant : isoler le gène, le détruire *in vitro*, et réintroduire ce gène détruit à la place du gène normal dans le lapin.

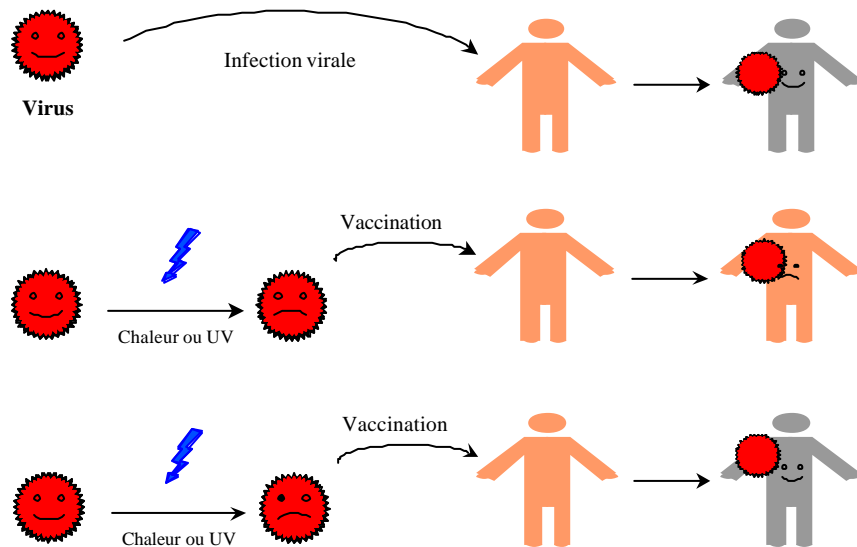
La manipulation du gène *in vitro* nécessite un certain nombre d'étapes, et pour chacune d'elles, il nous faudra obtenir des grandes quantités du gène manipulé. Pour cela, à chaque étape, le gène est introduit dans des cellules bactériennes. Les bactéries utilisées se multiplient environ toutes les 1/2 heure, une grande quantité de bactéries (et donc de notre ADN manipulé) peut être obtenue après une nuit de culture des bactéries dans lesquelles a été introduit l'ADN en question.

Ces bactéries sont bien des OGM puisqu'elles hébergent de l'ADN qui ne leur appartient pas (ici de l'ADN provenant de lapin). De même, le lapin dont le gène normal a été remplacé par le gène détruit est bien un OGM puisque nous avons modifié son patrimoine génétique de façon non naturelle.

## Production de protéines d'intérêt pharmaceutique



## Principe de la vaccination



# OGM et Médecine

Le second domaine de fabrication et d'utilisation d'OGM est le domaine médical.

En médecine, les OGM sont utilisés d'une part pour fabriquer des modèles animaux à l'étude de maladies humaines, et d'autre part pour produire des protéines d'intérêt pharmaceutique.

L'une des premières protéines d'intérêt pharmaceutique produites par transgénèse est l'insuline. Il s'agit d'une hormone secrétée par le pancréas et dont le rôle est de faire passer le sucre du sang dans les tissus. Une insuffisance de l'action de l'insuline provoque le diabète (dit "insulino-dépendant").

Les patients atteints de ce type de diabète étaient autrefois traités en leur injectant de l'insuline de porc, ce qui posait un problème d'approvisionnement, mais également, pour un certain nombre d'entre eux, un problème d'allergie en raison d'une petite différence moléculaire entre l'insuline de porc et l'insuline humaine.

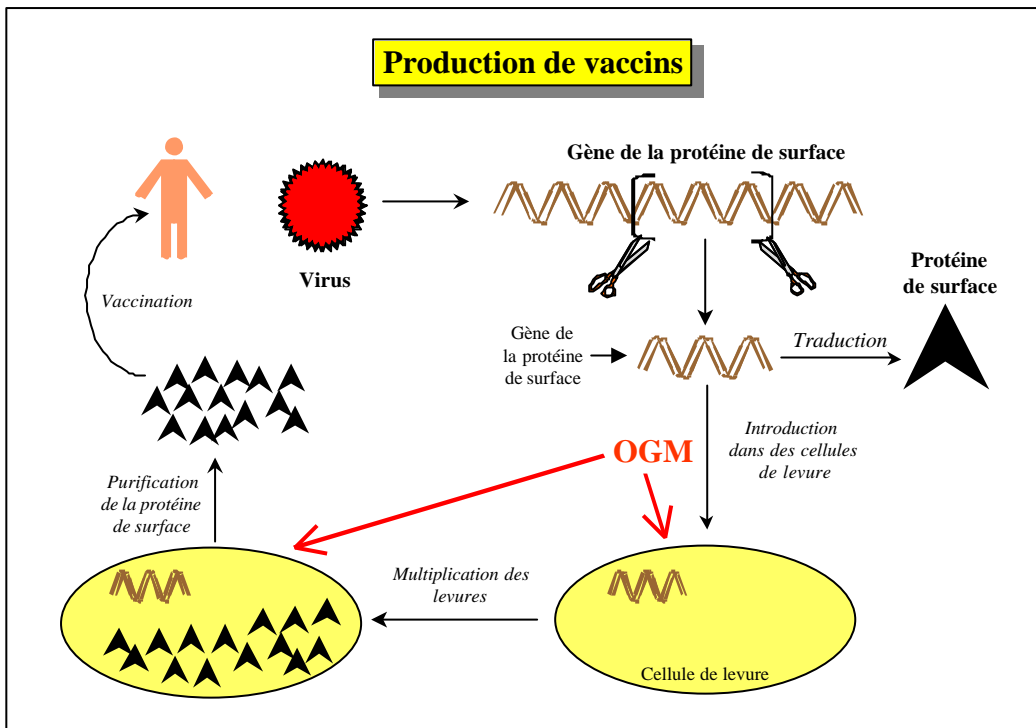
La solution est venue de la transgénèse. Le gène humain détenant le secret de fabrication de l'insuline humaine a été isolé et introduit dans des bactéries. Le langage génétique étant universel, ces bactéries prennent le gène humain à leur propre compte et sont capables de le décoder pour fabriquer l'insuline humaine. Ces bactéries étant cultivées à grande échelle dans des énormes fermenteurs, l'insuline est produite en très grande quantité. Elle est ensuite purifiée à partir des bactéries, puis injectée aux patients atteints d'une insuffisance d'insuline.

Un deuxième exemple de l'application de la transgénèse à des fins médicales est la production de vaccins.

Lorsqu'un agent pathogène (par exemple un virus) pénètre dans un organisme (par exemple chez l'être humain), il est reconnu comme corps étranger, et l'individu envahi se défend en fabriquant des anticorps. Le temps nécessaire à la fabrication des anticorps spécifiques de ce corps étranger laisse le temps au virus de se multiplier, et l'individu est alors victime des effets du virus.

Les premiers vaccins ont consisté à affaiblir (aux rayons UV ou à la chaleur) des particules virales avant de les injecter à un individu. Du fait de l'affaiblissement du virus, l'individu a le temps de fabriquer des anticorps et ainsi de prendre le dessus. Ainsi, le jour où le vrai virus (en pleine forme) "pointe son nez", l'individu a déjà son bagage d'anticorps spécifiques prêts à intervenir : il est vacciné.

Cependant, il est arrivé que le virus que l'on croyait affaibli soit en pleine forme, et le processus de vaccination se transformait alors en une contamination.



La solution est alors venue une fois de plus de la transgénèse. A partir de l'ADN du virus a été isolé le gène détenant le secret de fabrication de la protéine de surface (représentée ici par un petit triangle noir. C'est cette protéine qui est visible de l'extérieur et qui est en fait reconnue comme corps étranger.

Ce gène a été introduit dans des cellules de levure de boulangerie. Le langage génétique étant universel, ces cellules de levures prennent le gène viral à leur propre compte et sont capables de le décoder pour fabriquer la protéine de surface du virus. Ces levures étant cultivées à grande échelle dans des énormes fermenteurs, la protéine virale est produite en très grande quantité. Elle est ensuite purifiée à partir des levures, puis injectée aux individus à vacciner.

On n'injecte donc plus le virus entier mais seulement la protéine allergène qui, par elle-même, n'est porteuse d'aucune *pathogénicité*.

Depuis plus de vingt ans, la production de protéines d'intérêt pharmaceutique par transgénèse est donc pratiquée en laboratoire (c'est-à-dire en espace confiné) en utilisant essentiellement des microorganismes en fermenteurs. Alors pourquoi avoir recours aujourd'hui à des plantes pour la production de telles protéines ? Le principal argument avancé est le suivant.

Un grand nombre de protéines, en particulier celles des organismes dits "supérieurs" comme les humains, ont besoin pour être fonctionnelles, de subir, juste après avoir été fabriquées, des modifications chimiques telles que, par exemple, l'ajout de sucres. Les microorganismes ne sachant pas toujours faire ces modifications, la protéine étrangère qu'on leur demande de fabriquer n'est alors pas "finie". Le fait est que très souvent, les plantes sont capables de réaliser ces modifications dites "post-traductionnelles", et nous sont donc présentées comme une excellente alternative aux organismes transgéniques utilisés jusqu'alors comme usines de production de protéines d'intérêt pharmaceutique. Qu'en est-il ?

Premièrement, il faut savoir que dans un certain nombre de cas, la levure de boulangerie est parfaitement capable de réaliser ces modifications.

Deuxièmement, il existe d'autres cellules que les microorganismes permettant de produire en culture (et donc toujours en espace confiné) et à grande échelle des protéines d'intérêt pharmaceutique. Ce sont par exemple les cellules d'insectes et les cellules d'ovaires de hamster, qui bien évidemment, sont beaucoup plus proches de nos propres cellules et ont donc beaucoup plus de chances de pouvoir réaliser les modifications requises.

Troisièmement, ces modifications peuvent également être réalisées *in vitro*, après avoir extrait et purifié la protéine "non finie" des cellules transgéniques utilisées. Par exemple, l'insuline humaine produite par transgénèse dans la bactérie depuis 1981, n'est pas fonctionnelle à la sortie du microorganisme et doit subir des modifications *in vitro* avant d'être administrée aux diabétiques insulino-dépendants.

## Pourquoi avoir recours à des « plantes-médicaments » ?

### Principal argument :

Beaucoup de protéines (notamment celles des organismes dits « supérieurs ») nécessitent, pour être fonctionnelles, des modifications chimiques (exemple : addition de sucres) que les micro-organismes ne savent pas toujours faire.

### Alternatives :

- ☒ Dans un certain nombre de cas, la levure de boulangerie est parfaitement capable de faire ces modifications.
- ☒ Il existe d'autres cellules que les micro-organismes permettant de produire en culture (et donc en espace confiné) et à grande échelle des protéines par transgénèse.  
*Exemples* : cellules d'insecte et cellules d'ovaires de hamster.
- ☒ Possibilité de réaliser ces modifications *in vitro*.
- ☒ Possibilité de réaliser à grande échelle, dans des bio-réacteurs, des cultures du tissu (ou des cellules du tissu) de la plante dans lequel s'accumule la protéine d'intérêt (ex : les racines)



# OGM dans l'agroalimentaire

J'ai parlé précédemment d'«OGM et Recherche fondamentale», d'«OGM et Médecine». Je vais parler maintenant non pas d'«OGM et Agroalimentaire», mais d'«OGM dans l'Agroalimentaire». Cette précision peut apparaître comme un détail de sémantique, mais elle reflète au contraire une différence essentielle entre les différents domaines d'utilisation des OGM. Dans les deux premiers cas de figure (recherche fondamentale et médecine), les OGM sont utilisés comme des outils : éprouvettes biologiques en recherche fondamentale et usines de production de protéines d'intérêt pharmaceutique dans le domaine médical. En ce qui concerne l'agroalimentaire, en revanche, les OGM sont non pas utilisés comme des outils mais bel et bien comme des organismes à part entière (les plantes agricoles génétiquement modifiées sont utilisées exactement comme leurs homologues conventionnelles). Par conséquent, aux problèmes d'ordre environnemental liés au fait qu'il s'agit ici d'OGM en plein air, s'ajoutent des problèmes d'ordre sanitaires et éthique qui ne sont pas posés (ou en tout cas pas de la même manière) pour les OGM « outils » utilisés en espaces confinés.

Quatre vingt dix neuf pour cent des plantes agricoles transgéniques sont aujourd'hui des plantes à pesticides, c'est-à-dire soit des plantes qui produisent elles-mêmes la toxine leur permettant de résister à un insecte ravageur, soit des plantes pouvant absorber un herbicide sans mourir.

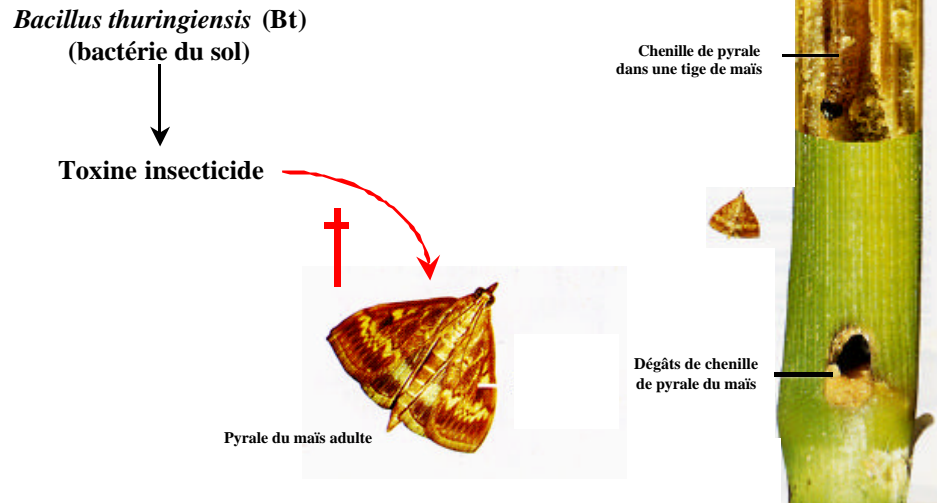
L'exemple le plus connu de la première catégorie est le maïs *bt*. Il agit d'un maïs transgénique hébergeant un gène d'une bactérie du sol (*Bacillus thuringiensis*) qui détient le secret de fabrication de la toxine insecticide permettant de tuer la pyrale, un papillon crépusculaire dont la chenille cause des dégâts importants dans la tige du maïs.

L'exemple le plus répandu de la deuxième catégorie des plantes à pesticides (c'est-à-dire des plantes capables de tolérer un herbicide) est le «soja au Roundup».

Le «Roundup» (*glyphosate*) est un herbicide dit «à large spectre», c'est-à-dire qu'il tue toutes les plantes. Ceci est dû au fait que sa cible est une protéine clé de la cellule végétale (l'EPSPS) qui est nécessaire à la synthèse des protéines (c'est-à-dire à la fabrication des ouvriers de l'usine cellulaire végétale).

Le soja au Roundup est un soja dont le gène qui détient le secret de fabrication de l'EPSPS a été modifié de telle sorte que le glyphosate ne puisse plus se fixer sur la protéine EPSPS, et ainsi ne puisse plus exercer son effet inhibiteur sur cette enzyme.

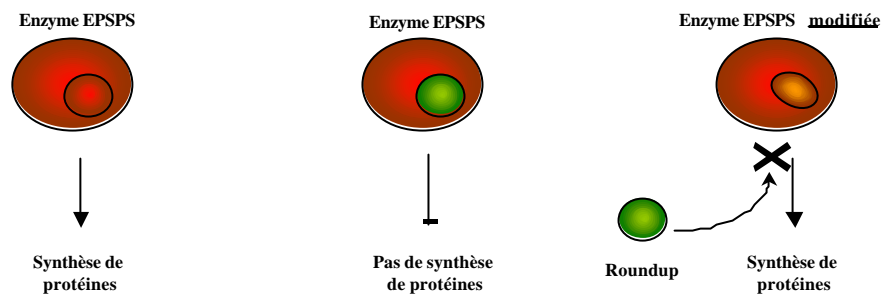
## Plantes à pesticides Exemples du coton et du maïs *bt*



## Plantes à pesticides Exemple du soja au roundup

**Roundup (glyphosate) : herbicide à large spectre (agit sur toutes les espèces végétales).**

Mode d'action : inhibition d'une enzyme végétale (l'EPSPS) nécessaire à la synthèse des protéines



## Autres plantes agricoles transgéniques

### Plantes résistantes aux maladies virales

- *tabac, courge, poivron* : déjà cultivés à grande échelle en Chine et aux Etats-Unis.
- *colza, tomate, pomme de terre, prunier, vigne, ...* : recherches en cours.

Exemple : résistance au « court-noué » de la vigne, maladie due à un virus transmis au niveau des racines par un nématode (ver microscopique du sol).

### Plantes résistantes aux maladies provoquées par des champignons

### Plantes adaptées à des environnements hostiles

### Plantes à valeur nutritive modifiée

Bien que les plantes à pesticides soient actuellement les plus répandues des plantes transgéniques agricoles, un certain nombre d'autres plantes génétiquement modifiées (PGM) se préparent dans les labos (voire même sont déjà commercialisées pour un certain nombre d'entre elles).

Il s'agit d'abord de plantes résistantes à des maladies virales. Des chercheurs de l'INRA ont observé depuis une dizaine d'années que la présence, dans le génome de la plante, d'un gène viral (par exemple le gène détenant le secret de fabrication de sa protéine de surface) empêche le virus en question (mais éventuellement d'autres virus également) de se multiplier lorsqu'il pénètre dans les cellules de cette plante. Bien que les mécanismes de cet effet d'inhibition de la multiplication du virus ne sont pas connus, des chercheurs ont entrepris de fabriquer des plantes transgéniques hébergeant un gène du virus dont elles sont la cible afin de les rendre résistantes à ce virus. Ceci a déjà été réalisé chez un certain nombre de plantes, et est à l'étude pour d'autres.

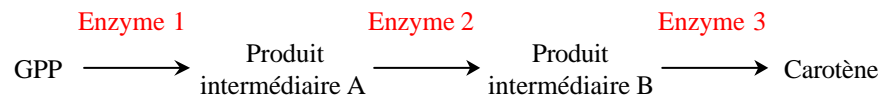
Des recherches sont également en cours pour fabriquer des PGM capables de résister aux maladies dues à des champignons (pour lesquelles on dispose encore moins de connaissances sur les mécanismes d'invasion et de propagation), ou encore capables de s'adapter à des environnements arides, très humides, salins, etc...

Enfin se préparent également ce qu'on appelle les OGM de seconde génération, c'est-à-dire des plantes à valeur nutritive modifiée (plus riches en vitamines, dont la teneur en acide gras est modifiée, aux propriétés gustatives soit disant améliorées, etc...). L'une de ces plantes a déjà fait parler d'elle : il s'agit du riz doré.

## Plantes à valeur nutritive modifiée Exemple du riz doré

### Le riz doré est un riz transgénique capable de produire de la vitamine A

- La vitamine A est fabriquée à partir du carotène, abondant chez la carotte
- Le riz naturel ne synthétise pas de carotène dans sa partie comestible
- Le riz naturel contient dans sa partie comestible le précurseur du carotène : le GPP
- La transformation du GPP en carotène nécessite trois enzymes (absentes chez le riz)



Le riz doré contient :

- deux gènes de jonquille qui permettent la fabrication des enzymes 1 et 2
- un gène de bactérie qui permet la fabrication de l'enzyme 3.

Le riz doré est un riz transgénique qui est capable de fabriquer du carotène à partir duquel est synthétisée la vitamine A. Pour convertir le précurseur du carotène (le GPP) en carotène, il faut trois enzymes absentes dans la partie comestible du riz. Les gènes détenant le secret de fabrication de ces trois enzymes ont été introduits dans le riz de telle sorte qu'il ait la possibilité de convertir le GPP en carotène, et donc de fabriquer de la vitamine A.

Ce riz est appelé le riz doré car la présence de carotène lui confère une couleur jaune orangée.

## Animaux transgéniques à des fins alimentaires

- ⌞ **Poissons « géants »** (chercheurs canadiens, américains et singapouriens)  
*Saumon d'Atlantique, barbues de rivière, bars d'Amérique, truites arc-en-ciel, etc...*
  - Vitesse de croissance 30 à 60% plus élevée
  - Taille adulte très supérieure à la normale (exemple : saumon transgénique « géant » a un poids moyen 11 fois supérieure à la normale)
  
- ⌞ **Porcs « géants »** (chercheurs américains, Houston, Texas)
  - Vitesse de croissance 40% plus élevée
  - Taille adulte 40% supérieure à la normale
  - Ration alimentaire : 25% inférieure
  
- ⌞ **Autres porcs transgéniques** (chercheurs australiens)
  - Croissance plus rapide
  - Viande de meilleure qualité
  - Résistants aux maladies courantes

## Risques sanitaires

- ⌞ **Plantes produisant un insecticide de façon permanente**  
*Exemple : maïs bt*
  
- ⌞ **Plantes accumulant un herbicide**  
*Exemple : soja au roundup*
  
- ⌞ **Risques d'allergies dues aux protéines codées par les transgènes**  
*Exemple : introduction dans le soja du gène de l'albumine 2S de la noix du Brésil*
  
- ⌞ **Présence dans tous les OGM d'un gène de résistance aux antibiotiques utilisé comme « gène marqueur »**
  
- ⌞ **Problèmes liés à la perturbation du métabolisme de l'OGM**  
*Cas des plantes à valeur nutritive modifiée et des animaux transgéniques*

Les OGM dans le domaine agroalimentaire comprennent également des animaux transgéniques (destinés à l'alimentation humaine).

Il y a les poissons "géants" qui sont des poissons transgéniques hébergeant un gène détenant le secret de fabrication d'une hormone de croissance.

Les porcs "géants" à l'étude au Texas ou les porcs transgéniques australiens nous sont présentés de façon très attrayante (on a affaire ici typiquement à ce que j'appelle un *Outil Génétique de Marketing* : par exemple, ils mangent moins (donc ils rejettent moins) et ils grossissent plus vite. Cela peut apparaître à première vue très alléchant pour un éleveur de porcs. Mais c'est faire fi du contexte, c'est-à-dire des problèmes sanitaires éventuels (non évaluables, de mon point de vue) que pourraient engendrer ces animaux destinés à l'alimentation humaine.

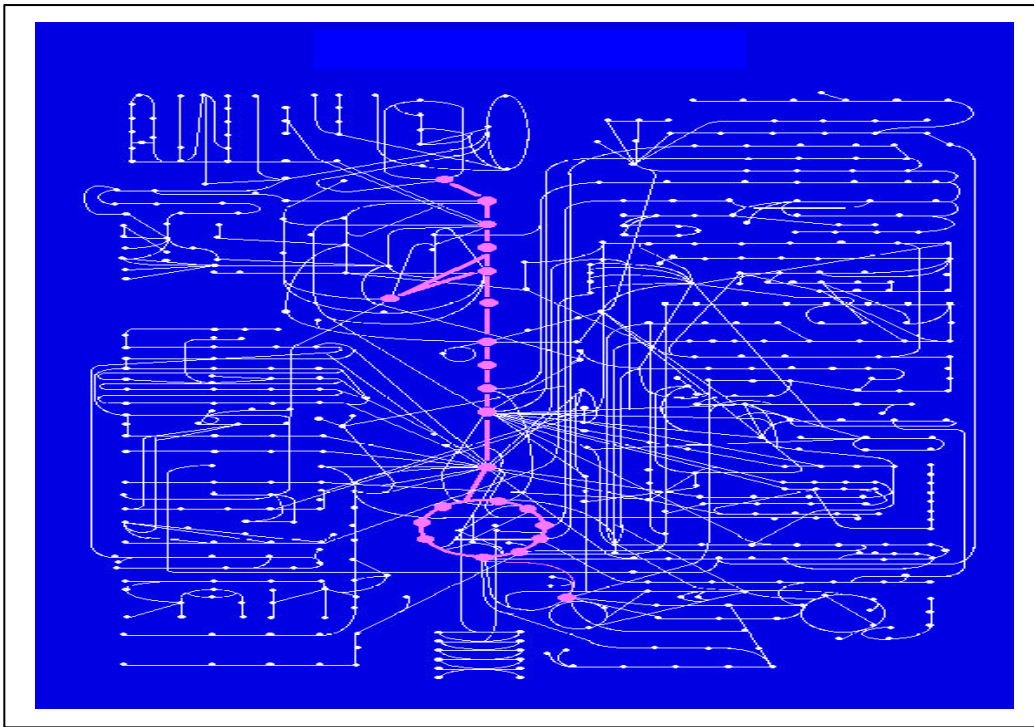
Le maïs bt produit un insecticide de façon permanente. Il risque de s'accumuler dans la plante. On est alors en droit de se demander quelles peuvent être les conséquences sur l'animal qui consomme cette plante, puis sur l'alimentation humaine. Aucune évaluation sérieuse n'a été faite à ce sujet.

De la même manière, à partir du moment où une plante est tolérante à un herbicide, celui-ci s'accumule dans la plante. C'est le cas du *Roundup* qui, contrairement à ce que l'on a voulu nous faire croire, n'est pas sans effet sur la santé humaine. A faible dose, il provoque des irritations, et il peut provoquer des troubles souvent graves chez les mammifères : convulsions et arrêt des fonctions respiratoires notamment. « On sait aussi que le *Roundup* se concentre dans la chaîne alimentaire, notamment dans la viande et le lait, à partir du soja transgénique qui constitue maintenant plus de 50 % des importations pour le bétail » nous dit le Dr. Lylian Legoff, pilote de la mission biotechnologies de France Nature Environnement.

La protéine codée par le gène étranger introduit dans une plante peut s'avérer allergène. C'est ce qui s'est passé avec le soja transgénique hébergeant le gène de l'albumine 2S de la noix du Brésil. Cette protéine était déjà connue pour provoquer des allergies sévères, et ceci s'est confirmé avec le soja transgénique en question. Tous les stocks de ce soja ont été détruits.

En général, le transgène d'intérêt n'est pas le seul gène étranger présent dans un OGM. Il y a aussi un gène dit « marqueur » qui permet, lors de la construction de l'OGM en question, de repérer les cellules ayant reçu l'ADN étranger. Il s'agit en général d'un gène conférant la résistance à un antibiotique. Par exemple, le maïs *bt* contient le gène de résistance à l'ampicilline. La question qui se pose est alors de savoir quels pourraient être les conséquences de la présence d'un tel gène sur la chaîne alimentaire ? (Quel est le risque qu'un tel gène puisse être transmis à des bactéries de la flore intestinale de l'animal qui consomme la plante, et quelles pourraient être alors les répercussions en terme de clinique humaine ?)

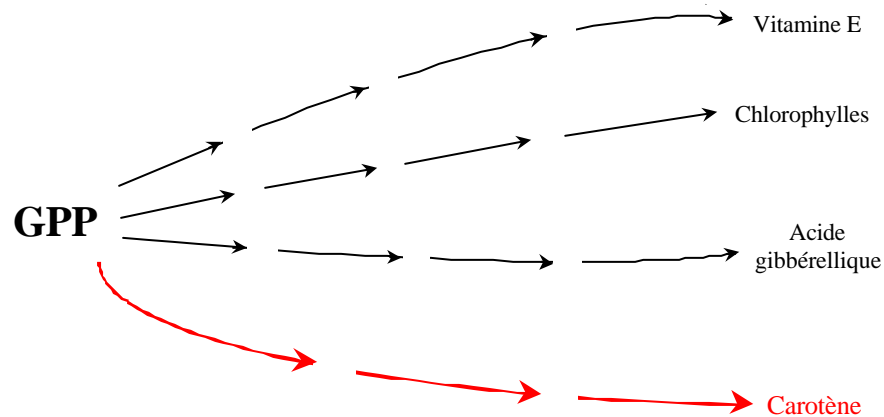




Ce document représente une partie de ce que l'on connaît du métabolisme, c'est-à-dire de l'ensemble des réactions chimiques (dites biochimiques) qui se passent dans chacune de nos cellules. Chaque trait représente une voie métabolique (une chaîne de montage ou de démontage), et chaque point représente une enzyme (un ouvrier de l'usine). Toutes ces voies sont étroitement imbriquées les unes dans les autres, et donc interdépendantes.

Il est clair que lorsqu'on ajoute un ou plusieurs gène(s) étranger(s) dans un organisme, on permet à ses cellules de fabriquer de nouvelles protéines (c'est-à-dire que l'on ajoute des ouvriers dans l'usine cellulaire) et parfois même, on crée de toute pièce une nouvelle voie métabolique (une nouvelle chaîne de montage ou de démontage), comme dans le cas du riz doré. Il est évident que la présence de ces protéines supplémentaires et de cette nouvelle voie ne va pas être sans effet sur l'ensemble du métabolisme de la cellule, et qu'il est extrêmement difficile (voire impossible) d'appréhender et recenser ces répercussions métaboliques de façon exhaustive.

**Perturbation du métabolisme**  
*Exemple du riz doré*



Le riz doré permet d'illustrer parfaitement ce que peuvent être les perturbations métaboliques engendrées par l'introduction de nouveaux gènes, et donc de nouvelles protéines dans la cellule.

Le GPP (à partir duquel on peut faire du carotène), naturellement présent dans le riz, permet à la cellule de fabriquer un certain nombre de molécules dont la vitamine E, des chlorophylles, et de l'acide gibbérannique (une hormone de plante). La fraction du GPP, qui dans le riz doré sera utilisée pour fabriquer du carotène, ne sera plus disponible pour la synthèse des autres molécules dont il est également le précurseur. Autrement dit, il est probable que le riz doré, qui fabrique de la vitamine A, fabrique moins de vitamine E, et que les rendements obtenus avec ce riz transgénique soient nettement diminués en raison d'une synthèse amoindrie de chlorophylles et d'acide gibbérannique.

Ces effets sont faciles à imaginer car ils sont directs. En revanche, en raison du véritable imbroglio que représente le métabolisme, les perturbations peuvent être beaucoup plus indirectes et toucher des régions du réseau métabolique beaucoup plus lointaines, sans qu'on puisse par conséquent en appréhender les effets, non seulement sur la plante elle-même mais également sur la chaîne alimentaire.

## Risques environnementaux

### ⚡ Plantes résistantes aux ravageurs

- Risques d'apparition d'insectes résistants aux insecticides
- Impact sur les insectes utiles (abeilles, coccinelles, ...) et autres organismes (vers de terre)

### ⚡ Plantes résistantes aux herbicides

- Utilisation excessive d'herbicides du fait de la résistance de la plante d'intérêt  
*Exemple du Canada avec le colza*

### ⚡ Animaux transgéniques : exemple des poissons « géants »

- Leur échappée dans le milieu naturel pourrait détruire les écosystèmes actuels :
- Disparition d'une grande quantité de poissons dévorés
- Diminution de la biodiversité (disparition d'espèces)
- Transfert non contrôlé du transgène de ces poissons aux espèces sauvages

Une plante rendue résistante à un insecte ravageur produit l'insecticide en permanence. Ceci crée donc un nouveau milieu de sélection en faveur des insectes résistants (initialement présents mais rares dans l'ensemble de la population des insectes en question). Comment pourra-t-on se débarrasser de ces insectes lorsqu'ils seront tous résistants ?

Par ailleurs, il faut savoir que quand une plante surproduit une protéine, celle-ci s'accumule très souvent dans les racines qui sont de véritables passoires. La toxine peut donc passer dans le sol sans que l'on connaisse ses effets sur les microorganismes du sol.

Les cultures de plantes résistantes à un herbicide se traduisent dans les faits par une utilisation excessive de l'herbicide en question. Ainsi, au Canada, depuis 1996, la consommation de *Roundup* a doublé, et aux Etats-Unis, elle a augmenté de 72% depuis 1997.

L'échappée éventuelle d'un poisson « géant » dans le milieu naturel peut paraître anecdotique, et donc suffisamment peu probable pour ne pas s'en préoccuper. Le problème avec les OGM est qu'un événement rare aujourd'hui peut devenir majoritaire demain. Si, par exemple, un poisson géant s'échappe, il pourra proliférer beaucoup plus vite que ses congénères car sa grande taille lui procurera un avantage sélectif (possibilité de dévorer des poissons dont il n'est pas naturellement le prédateur). Le poisson géant pourra alors devenir majoritaire dans son espèce tout comme l'insecte résistant à l'insecticide (initialement minoritaire) deviendra majoritaire dans un environnement où l'insecticide est présent en permanence.

## Risques de « pollution génétique » liée aux plantes transgéniques Contamination verticale

### Il s'agit d'une transmission par pollinisation et croisements inter-variétaux

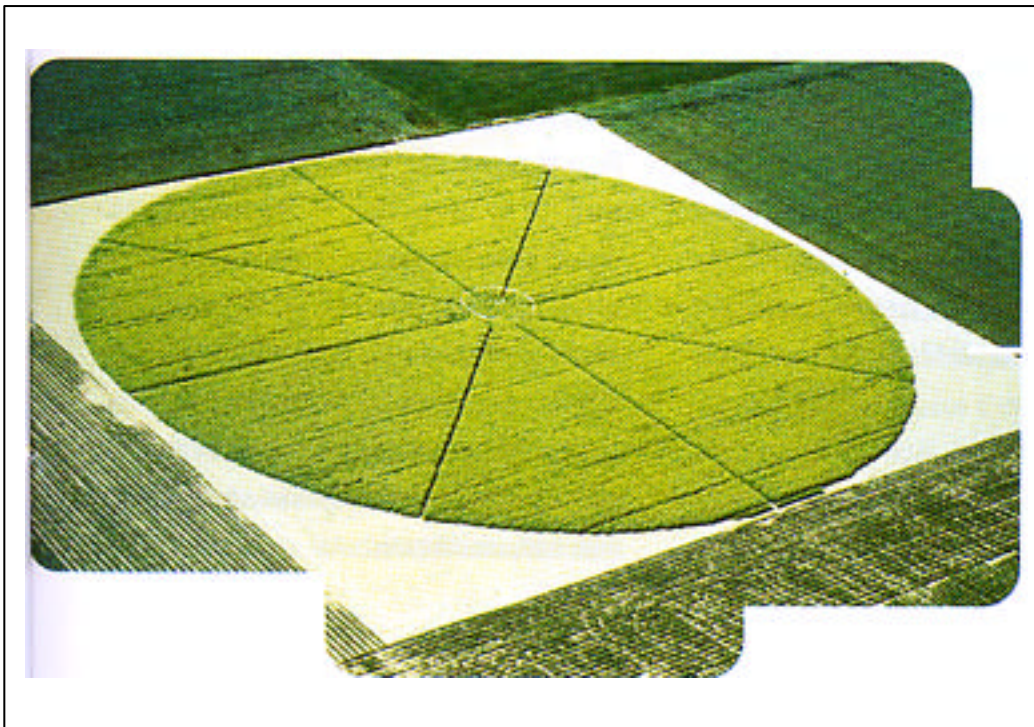
#### ⚡ Cas du colza

- Pollinisation à la fois anémophile (par le vent) et entomophile (par les insectes)
- Possibilité de croisements avec plusieurs espèces sauvages de la même famille présentes dans les zones de culture
- Existence d'une mauvaise herbe, la ravenelle, capable de se croiser avec le colza
- Egrenage important
- Survie des graines pendant plusieurs années dans le sol

#### ⚡ Autres exemples (betterave, laitue,...)

La pollution génétique verticale est celle qui se fait des individus « parents » aux individus « enfants », c'est-à-dire par reproduction sexuée.

Si la ravenelle, capable de se croiser avec le colza, récupère le gène de résistance au *Roundup*, elle deviendra elle-même résistante à cet herbicide. On ne sait pas avec quelle fréquence cet événement peut se produire, mais même s'il s'agit d'un événement rare, les quelques pieds de ravenelle devenus résistants seront les seuls à proliférer en présence de *Roundup*. La ravenelle résistante deviendra donc très vite majoritaire, et il ne sera plus possible de s'en débarrasser (en tout cas avec cet herbicide).



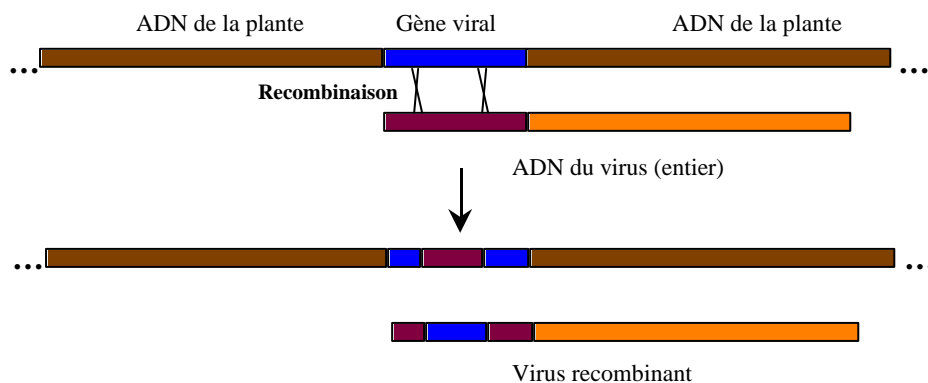
Il s'agit ici d'une expérimentation en plein air visant à étudier la propagation du pollen de colza transgénique.

Un champ circulaire de colza transgénique de 9 m de diamètre est entouré d'une autre parcelle de colza conventionnel de 109 mètres de diamètre (soit environ 55 mètres de rayon). Le problème est que le pollen ne s'arrête pas à 55 mètres comme le nuage de Tchernobyl s'arrête à la frontière allemande...

des études plus sérieuses faites en Angleterre ont montré que du pollen de colza transgénique était retrouvé jusqu'à 10 km.

### Risques de « pollution génétique » liée aux plantes transgéniques Contamination horizontale

Il s'agit d'une transmission sans croisement,  
par exemple via des micro-organismes ou des virus



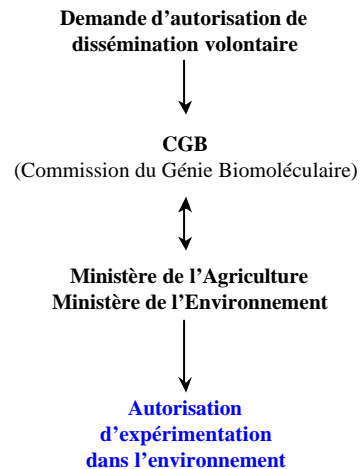
Un exemple de transmission horizontale possible nous est donné avec les plantes résistantes à des virus. Comme précisé précédemment, ces plantes hébergent un gène du virus (représenté ici en bleu), ce qui leur confère la résistance (sans qu'on en connaisse les mécanismes intimes).

Lorsque le virus attaque la plante, son ADN pénètre dans les cellules de la plante. Il peut alors se produire des échanges de morceaux de gènes entre la copie du gène viral inséré dans l'ADN de la plante et celle apportée par le virus lui même (violet) (le phénomène qui régit ces échanges s'appelle la recombinaison). Il en résulte un virus dit recombinant qui contient un gène mosaïque (bleu et violet). Dans un certain nombre de cas, ces virus recombinants sont beaucoup plus virulents que les virus d'origine et provoquent des viroses aggravées, selon des études faites au Département de Biologie Cellulaire de l'INRA de Versailles et au Département de pathologie Végétale de l'INRA d'Avignon.

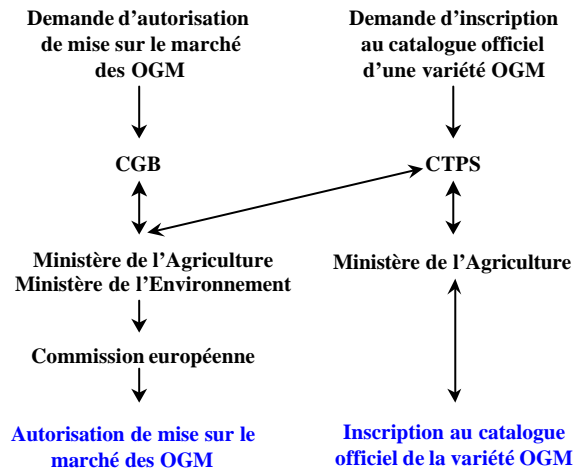
# Réglementation sur les OGM

## Réglementation sur les OGM en plein air

### Procédure pour l'expérimentation dans l'environnement



### Procédure de mise sur le marché



## Traçabilité

### Définition :

La traçabilité doit permettre de relier tous les stades de la filière agroalimentaire, de l'agriculteur au produit fini présenté aux consommateurs.

### Modalités :

- Première étape : Tracer les gènes introduits (de la sortie du laboratoire du semencier jusqu'à la commercialisation des semences). Nécessité d'une codification de ces gènes.
- Deuxième étape : Garantie de la nature des cultures par les producteurs (grâce à cette codification)
- Dernière étape : Production industrielle. Identification de la matière première dans un processus visant à aboutir à un produit fini commercialisable (suivi par code barre ?)

### Difficultés :

- Nécessité de deux équipements entiers de collecte, pour éviter les contaminations croisées.
- Comment assurer la non contamination de cultures conventionnelles par des OGM ?
- Problème des importations (ex. : soja importé des USA). De quel pouvoir de pression dispose-t-on pour obliger les autres pays à séparer les filières (cultures conventionnelles et OGM) ?
- Surcoût : qui paye ?

## « Les OGM sous toutes leurs facettes »

une conférence pédagogique de Christian Vélot,  
donnée le 8 mai à Boissy-s-s-St-Yon  
dans le cadre de la JNOOGM 2004