

COLLOQUE  
ALIMENTS GÉNÉTIQUEMENT MODIFIÉS  
ET SANTÉ PUBLIQUE

---

Recueil de textes de présentation

---

Organisé par  
l'Institut national de santé publique  
du Québec

FRANÇOIS POTHIER, PH.D.

---

Techniques de l'ADN recombinant et  
applications dans le domaine animal

**François Pothier, Ph.D.**

**Professeur titulaire au département des sciences animales et membre du  
Centre de Recherche en biologie de la reproduction  
Université Laval**

Sous la direction du Dr Pierre Couillard, j'ai obtenu mon doctorat en 1986, à l'université de Montréal, en biologie cellulaire. Soutenu financièrement par une bourse de la Société de recherche sur le cancer, j'ai entrepris des études post-doctorales dans le laboratoire du Dr Paul Jolicoeur à l'Institut de Recherches Cliniques de Montréal. J'ai été parmi les premiers chercheurs canadiens à produire des souris transgéniques. En 1987, j'obtenais une bourse du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie Canada (CRSNG) pour venir compléter un deuxième stage post-doctoral au CHUL dans l'unité d'Ontogénie et de Reproduction. C'est au cours de ce stage que j'ai initié un programme de recherche axé sur la production de modèles de souris transgéniques pour étudier la fonction de certains gènes durant la spermatogénèse. En parallèle, j'ai travaillé comme biologiste dans le programme de fécondation in vitro du CHUL «bébé éprouvette». C'est à cette occasion d'ailleurs que j'ai été confronté pour la première fois aux problèmes éthiques que pose la manipulation du vivant.

En 1990, je devenais professeur au département des sciences animales de la Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation de l'université Laval. Mes projets se sont alors orientés vers la production d'animaux domestiques transgéniques : modification de la composition du lait chez la vache, castration génique chez le porc, production de protéines recombinantes dans la semence du porc. Depuis plus de deux ans, je participe activement à un groupe de discussion éthique sur les animaux transgéniques auquel participent des philosophes, bioéthiciens, juristes, théologiens et scientifiques d'un peu partout au Québec. Cette implication m'a valu d'être nommé sur plusieurs comités provinciaux et fédéraux qui doivent définir la réglementation autour des OMG. Depuis janvier je n'ai donné pas moins d'une cinquantaine de conférences à travers le Québec pour tenter de démystifier la transgénèse.

En novembre 2000, les Drs Pothier et Sirard créaient la compagnie TGN Biotech destinée à produire des porcs transgéniques pour la production de protéines recombinantes humaines.

## **Funambule sur la double hélice de la vie**

**François Pothier, Ph.D.**

**Professeur titulaire, Département des sciences animales**

**Université Laval**

Allongé sur la table d'opération, vos pensées se perdent entre les cliquetis d'acier inoxydable et le va-et-vient des chirurgiens et des infirmières. Depuis des mois vous attendiez cette greffe du cœur. Vous jetez un dernier regard sur le donneur qui sommeille à quelques mètres de là: un porc ! Un porc transgénique "humanisé" dans lequel on a introduit une série de gènes pour rendre les organes plus compatibles avec le receveur. À l'instant où la réalité est sur le point de vous échapper, un doute surgit: au réveil aurais-je encore le souvenir de mes plus belles histoires d'amour...

Il ne s'agit pas de science-fiction. Ces porcs existent bel et bien et depuis deux ans des compagnies comme Immutran et Baxter attendent les autorisations pour procéder aux premiers essais chez l'humain. Pourquoi ne pas aller de l'avant tout de suite ? On craint que des rétrovirus porcins ne se recombinent avec des rétrovirus humains pour faire apparaître de nouvelles maladies humaines. Un Tchernobyl génétique en quelque sorte.

À la fois captivante, pleine de promesses mais aussi déroutante, la transgénèse animale s'inscrit dans la foulée des nouvelles biotechnologies qui permettent d'introduire et de diriger l'expression de gènes étrangers dans le code génétique d'un animal ou d'une plante. Comme le gène est inséré au premier stade de développement de l'embryon, il se retrouvera dans les gonades et conséquemment sera transmis à la progéniture. Les premiers succès obtenus chez la souris en 1981-82 visaient une meilleure compréhension de la fonction des gènes impliqués dans le développement des cancers, dans l'organisation des tissus dans le fœtus ou dans les mécanismes du vieillissement. La transgénèse a généré une multitude de modèles de souris transgéniques extrêmement utiles pour élucider entre autres, certains mécanismes géniques reliés à la maniaco-dépression ou encore, au comportement animal. Malgré certaines embûches

techniques la technologie a été rapidement transférée aux animaux domestiques. Les premières applications commerciales ciblent le domaine de la bio pharmaceutique.

### Les nouveaux pharmaciens

Certaines hormones ou facteurs humains présentent une structure complexe qui rendent impossible leur synthèse chimique. Dès lors il faut faire appel à des cellules pour leur production. À titre d'exemple, l'insuline humaine est synthétisée à partir de bactéries génétiquement modifiées dans lesquelles le gène humain de l'insuline a été introduit. Or, certains facteurs humains, comme les facteurs de coagulation VIII et IX destinés à traiter l'hémophilie sont encore plus compliqués à produire que l'insuline humaine de sorte que les bactéries ne peuvent y parvenir. Jusqu'à récemment ils étaient extraits à partir du sang de donneurs. C'est pour cette raison que plusieurs hémophiles ont été infectés par le virus du SIDA et de l'hépatite. Les gènes des facteurs de coagulation et d'autres comme celui de l' - antitrypsine et de l'antithrombine C humains ont été introduits dans des embryons de chèvres et de moutons. Leur expression est dirigée dans la glande mammaire. Le lait de ces animaux transgéniques devient la source à partir de laquelle on purifie ces médicaments humains. Dans quelques mois, ici même au Québec, le même procédé sera appliqué aux vésicules séminales et à la prostate du porc. Le produit sera récolté à partir de la semence du porc qui génère entre 250 et 500 ml de volume par éjaculation. Le liquide séminal peut-être récolté à tous les jours. Non-seulement la transgenèse permet de fournir des médicaments en grande quantité, mais de plus, le prix de revient diminue de façon marquée. Le coût de ceratines protéines humaines synthétisées à partir de bio-réacteurs classiques (cellules en culture) se situe entre \$3,000 et \$4,000 du gramme. Le même médicament issu de l'animal transgénique ne coûte qu'entre \$100 et \$200 du gramme. L' -antitrypsine humaine d'origine transgénique qui est utilisée pour traiter l'emphysème et soulager une partie des symptômes chez les patients souffrant de fibrose kystique sera disponible en pharmacie au début de l'an 2001 (compagnie PPL Ltée, Écosse) tout comme l'antithrombine C, un anticoagulant de la compagnie Genzyme Transgenics (États-Unis).

Comme variation sur le thème, la compagnie Nexia de Montréal nous offre la production de la soie d'araignée dans le lait de chèvres transgéniques ! Il faut savoir qu'un fil d'araignée, à diamètre égal, offre une meilleure résistance qu'un fil d'acier ! La protéine d'araignée produite à partir des chèvres servira à tisser des fibres de très haute résistance qui seront introduites dans des gilets pare-balles, des combinaisons d'astronautes ou des matériaux de construction. On compte même fabriquer des contenants bio-dégradables à partir de cette protéine. Un marché totalisant plusieurs milliards de dollars selon les promoteurs.

### **La transgénèse dans l'assiette: non-merci !**

Le premier porc transgénique généré en 1985 surexprimait l'hormone de croissance. Cet animal présentait un métabolisme accéléré, convertissait de façon optimale sa nourriture, et démontrait un taux de gras beaucoup moins élevé dans le muscle. Un animal sur mesure, au goût du consommateur ! La viande de ces animaux a été mise en marché en Australie pendant un certain temps. Mais voilà, l'animal présentait quelques problèmes de santé comme des ulcères d'estomac et un ralentissement de la fonction reproductive. Tout ça parce que le gène était mal contrôlé. Depuis, le problème a été corrigé mais voilà, le consommateur n'est plus disposé à l'acheter ! Comme rien ne laisse prévoir que la tourmente autour des plantes transgéniques va aller en s'amenuisant, les projets du côté animal restent sur les tablettes.

Pourtant, certaines applications pourront éventuellement devenir avantageuses pour le producteur, le consommateur et, entre autre, permettront de réduire les pressions de l'agriculture moderne sur l'environnement. Des exemples.

### **Le porc écologique**

L'industrie porcine constitue l'un des secteurs mondiaux des plus vigoureux de l'agro-alimentaire. Le porc contribue pour 38% de la consommation mondiale de viande et au Canada seulement, on compte plus de 16 millions de têtes (dont 5 millions au Québec). Les producteurs canadiens retirent des revenus d'environ \$ 2.1 milliards par année de la vente de leurs animaux. Dans un contexte de compétition féroce suite à la mondialisation des marchés, l'amélioration

génétique visant une optimisation du taux de croissance ainsi qu'une réduction des rejets nuisibles à l'environnement constituent une priorité. Plus particulièrement, les conséquences environnementales de l'élevage intensif du porc ont fait l'objet de vives critiques de la part des consommateurs qui se plaignent des odeurs et de l'impact négatif des rejets sur la vie aquatique et la couche phréatique.

Parmi les composantes du lisier qui présentent un problème, on retrouve le phosphore responsable entre autre de l'eutrophisation des plans d'eau. Déjà certains pays comme l'Allemagne, la Corée et Taiwan ont voté des lois visant une réduction substantielle des rejets de phosphore par les élevages porcins et aviaires. Le phosphore constitue le troisième élément le plus dispendieux ajouté à la ration du porc, même si les céréales en renferment des quantités élevées. Comme de 60 à 90 % du phosphore se retrouve sous forme d'acide phytique (phytate) dans les céréales, les animaux monogastriques ne peuvent l'utiliser et on doit compléter la diète en phosphore alors que l'acide phytique se retrouve dans le lisier. Comme solution originale au rejet de phosphore dans le lisier, des chercheurs de l'université de Guelph ont généré des porcs transgéniques qui expriment de la phytase dans les glandes salivaires et dans l'intestin ce qui permet à l'animal de dégrader l'acide phytique des céréales. Conséquemment, le producteur n'aura plus à compléter la diète à l'aide de phosphore et le lisier deviendra moins dommageable pour l'environnement. Non seulement la supplémentation à l'aide de la phytase élimine-t-elle le recours aux suppléments de phosphore mais de plus, elle augmente l'efficacité alimentaire en général en rendant disponible des minéraux (calcium et zinc) et d'autres protéines qui sont chélatés par l'acide phytique.

### **Le saumon argenté**

Le saumon transgénique de Terre-Neuve (compagnie A/F Protein Canada Inc.) sera sans doute le premier aliment d'origine animal qui sera proposé aux consommateurs canadiens à l'épicerie. Ce saumon surexprime sa propre hormone de croissance et conséquemment il atteint sa taille de mise en marché en 12 mois au lieu de 4 ans ! Des études menées sur la composition biochimique du muscle (que nous consommons) n'ont démontré aucune différence par rapport au saumon non-transgénique. La compagnie a déposé une demande auprès de la FDA (Food and Drug Administration, Etats-Unis) afin de valider le produit et d'obtenir l'autorisation de le mettre

en marché. Ce projet suscite des inquiétudes quant aux risques que pourraient faire courir ces saumons transgéniques à l'équilibre écologique du milieu si quelques-uns d'entre eux s'échappaient. Par ailleurs, pour que le consommateur accepte ce nouveau produit, il faudra qu'il y trouve son compte ! Ainsi, les profits devront être partagés entre le producteur et les consommateurs qui devraient payer moins cher la darne de saumon transgénique, vu sa plus grande abondance. Sinon, il restera sur les tablettes...

### **Le pot au lait transgénique**

La première vache transgénique générée au début des années '90 a vu le jour en Hollande. Cette vache synthétise de la lactoferine humaine dans son lait. Il s'agit d'une protéine qui lie le fer et qui est pratiquement absente dans le lait de vache, mais dont le nourrisson humain a besoin pour se protéger contre les infections gastro-intestinales. Cette vache transgénique offre donc maintenant un lait qui se rapproche un peu plus du lait maternel humain. Destiné au marché des laits maternisés, le produit n'aura jamais atteint les tablettes de l'épicerie dû aux réticences des consommateurs face à la transgénèse. La réduction du lactose pour les populations non-tolérantes constitue une des cibles à venir de la transgénèse.

Depuis plus de deux ans, nous élaborons dans mon laboratoire une stratégie pour augmenter la concentration de l'une des protéines du lait de la vache, la caséine kappa. Cette caséine, en plus de contribuer à la stabilité du lait à haute température, constitue la cible des enzymes responsables des premières étapes menant à la production du fromage. D'une façon simple, nous ne faisons qu'ajouter de la caséine kappa à celle qui existe déjà dans le lait de l'animal. Cela devrait favoriser un rendement fromager plus élevé pour chaque litre de lait transformé. Nous sommes sur le point de produire des souris transgéniques qui surexpriment la caséine kappa de la vache. À partir du lait de ces souris nous allons fabriquer du fromage afin de vérifier les nouvelles propriétés technologiques de ce lait modifié. Nous croyons qu'à l'heure de la mondialisation des marchés il s'agit là d'une façon originale d'ajouter une valeur supplémentaire au lait en permettant aux producteurs québécois d'être plus compétitifs.



Ainsi verrons-nous apparaître dans les années à venir, des troupeaux de vaches destinées à la fabrication du cheddar ou du camembert côtoyant des troupeaux dont le lait sera adapté aux besoins des nourrissons.

### **Transgénèse et bien-être animal**

Saviez-vous que tous les porcs mâles destinés à la consommation sont castrés durant les premiers jours de leur vie ? Cette castration est rendue nécessaire pour prévenir les problèmes de mauvais goût et d'odeurs désagréables associés à la production de stéroïdes par les testicules. Or, en plus de causer de la douleur aux porcelets et d'exiger l'assignation de personnel à cette tâche, la castration chirurgicale peut occasionnellement conduire à la mort de porcelets découlant de complications reliées aux infections et au stress subi. Outre ces considérations, plusieurs études ont démontré que la castration menait à une baisse du taux de conversion alimentaire, à un rendement en muscle moins élevé ainsi qu'à une augmentation de l'épaisseur du gras dorsal. Finalement, cette pratique qui vise avant tout à fournir un produit correspondant aux exigences organoleptiques du consommateur est décriée depuis longtemps par les groupes militant pour le bien-être animal. Pour toutes ces raisons, en collaboration avec le Dr M. A. Sirard, nous avons élaboré une stratégie qui permettra au porc de conserver ses testicules intacts. Le principe réside dans un gène qui s'exprime lors de la puberté chez le porc. À partir d'environ 3 mois, le transgène que nous avons imaginé, s'exprimera automatiquement, sans que l'on intervienne sur l'animal, et la synthèse des stéroïdes cessera, sans qu'aucune intervention physique ne soit requise. L'animal n'aura pas subi le traumatisme de la castration et la viande présentera une qualité supérieure au moment de l'abattage. Nous sommes à vérifier, chez la souris, si ce concept d'**autocastration génique** pourra passer du laboratoire à la porcherie.

### **Les secrets de la grande pyramide**

Les producteurs demandent des porcs qui croissent plus vite, qui produisent moins de rejets polluants et qui soient en meilleure santé. Le consommateur nous demande des tomates et des pommes parfaites, sans taches ni meurtrissures, en quantité suffisante, à un prix bien sûr raisonnable ! Et le patient espère la guérison... Le meilleur des mondes ou le pire outrage à la

création ? Espoir de thérapie aux dépens de l'artificialisation à outrance de la nature ? Et si demain nous manipulons le génome humain ?

Aux commandes de son microscope, le chercheur navigue entre les rêves inaccessibles des uns et les visions cauchemardesques des autres. La connaissance en soi n'est pas mauvaise. C'est ce que nous en faisons qui peut devenir pervers. Une chèvre qui peut soulager la souffrance grâce à son lait, pourquoi pas ? Remplir un lac de truites transgéniques de 25 livres, plus combattantes pour le bon plaisir des pêcheurs, sûrement pas ! À mes yeux la solution réside dans les nuances. Or, dans une société qui carbure sur le mode digital en 0 ou 1, les nuances sont mal venues. On préfère les positions polarisées. Mes amis éthiciens vous diront que la transgénèse animale a des répercussions sur la culture, la morale, le vivre-ensemble de l'homme avec l'animal et sa place dans la nature. Et puis que nous ravivons le fantasme de l'immortalité. Il faut quand même admettre qu'il y a une différence entre prolonger la vie jusqu'à 140 ans et permettre à une vie de 4 ans d'avoir une suite. Oui, nous sommes plus que la somme de nos gènes. Mais du même coup, nous sommes aussi de vaisseaux, de reins et de foie, d'éléments biologiques qui peuvent être remplacés sans que pour autant l'homme ne devienne un Robocop. Si le porc avait évolué différemment et qu'il était plus intelligent que l'homme, nous servirions sans doute de donneurs d'organes pour cette espèce...

Certaines applications de la transgénèse apparaissent incontournables, alors que d'autres sont à éviter. Il y a urgence de dialogue. Philosophes, théologiens, bio-éthiciens, sociologues et scientifiques et citoyens doivent revoir les objectifs et ensemble définir des balises. Avec le décryptage des génomes humain, animal et végétal, nous entrons dans la grande pyramide du code de la vie. Aurons-nous la sagesse de ne réécrire que l'essentiel ?

*Techniques de l'ADN  
recombinant et applications  
dans le domaine animal*

François Pothier, Ph.D.  
Département des sciences animales  
Université Laval

---

---

---

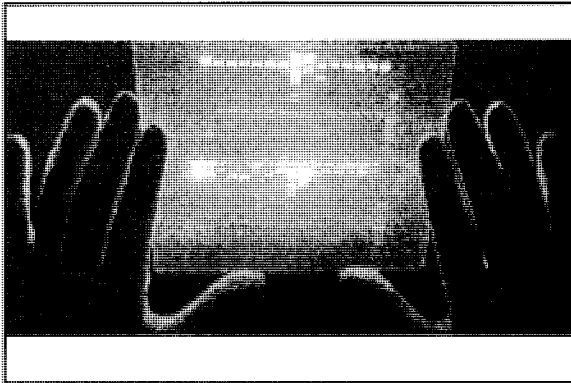
---

---

---

---

---



---

---

---

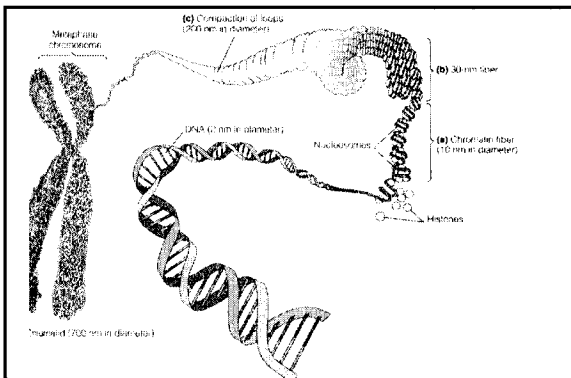
---

---

---

---

---



---

---

---

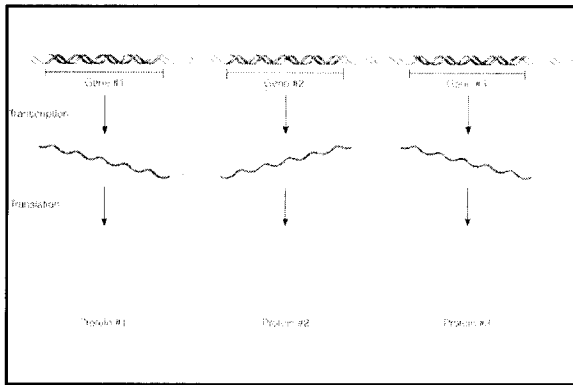
---

---

---

---

---




---

---

---

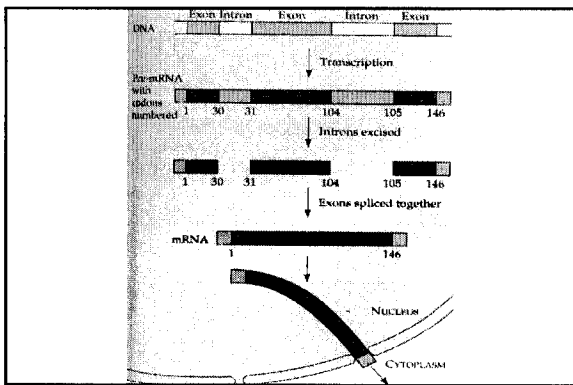
---

---

---

---

---




---

---

---

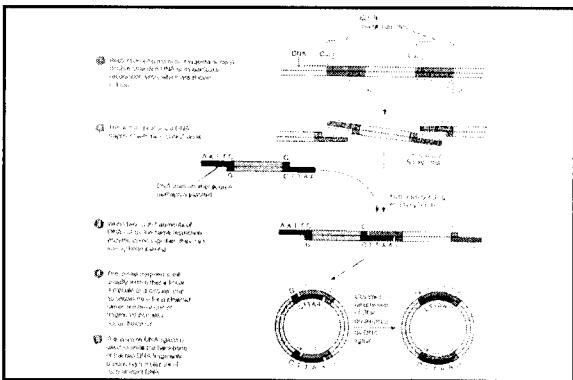
---

---

---

---

---




---

---

---

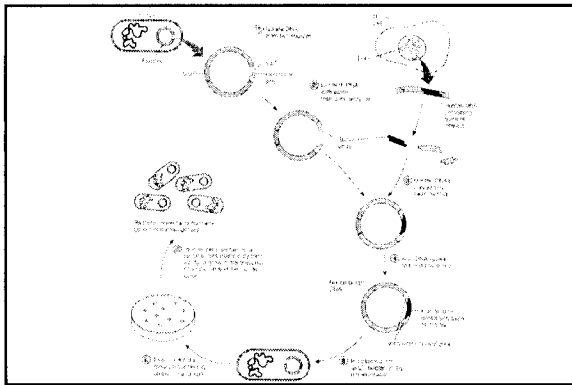
---

---

---

---

---




---

---

---

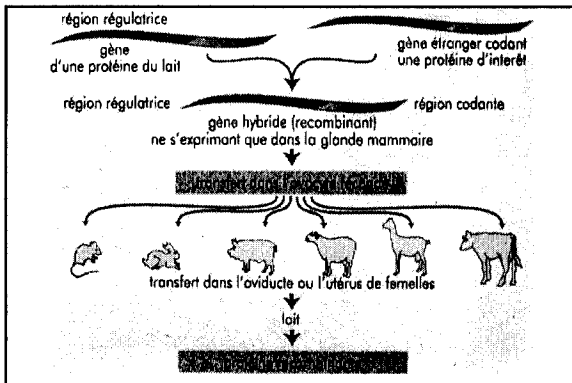
---

---

---

---

---




---

---

---

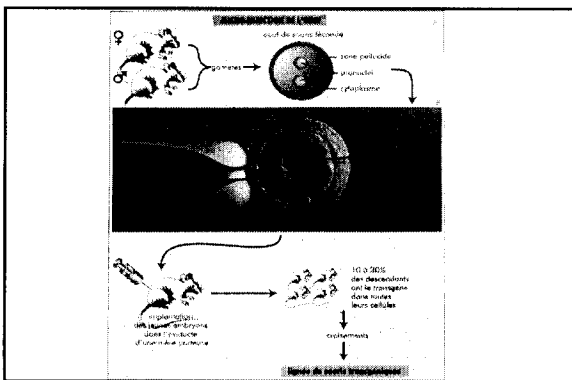
---

---

---

---

---




---

---

---

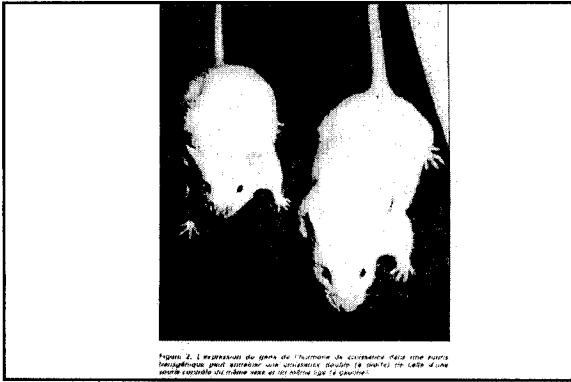
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

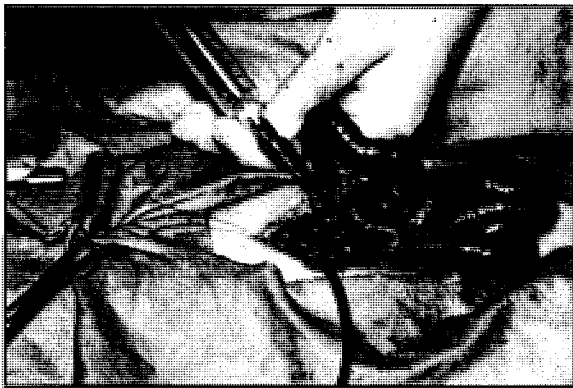
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

*Synthèse de protéines recombinantes*

- Jusqu'à maintenant, des protéines recombinantes humaines ont été synthétisées dans le lait et le sang d'animaux transgéniques. Mais ces approches sont brevetées.
- À partir de séquences régulatrices que nous avons caractérisées, nous prévoyons faire exprimer des protéines ou facteurs humains dans la prostate et les vésicules séminales afin de les recueillir dans la semence.
- Le volume d'un éjaculat de porc varie entre 250 et 500 ml et la semence de l'animal peut être récoltée à tous les jours.

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

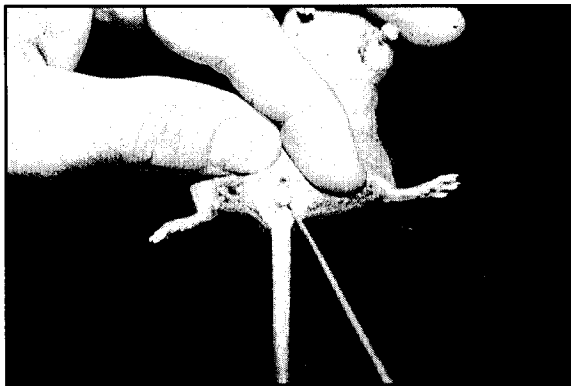
---

---

---

---

---



---

---

---

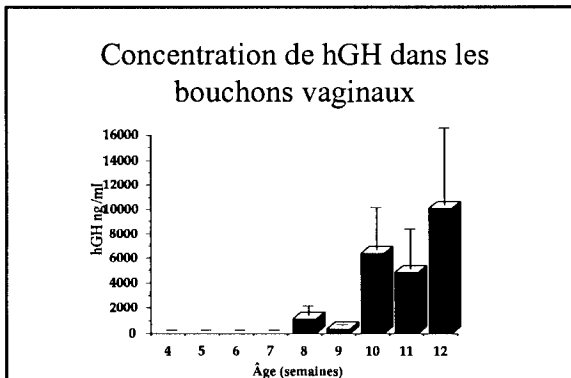
---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---





## *La xénogreffe*

---

---

---

---

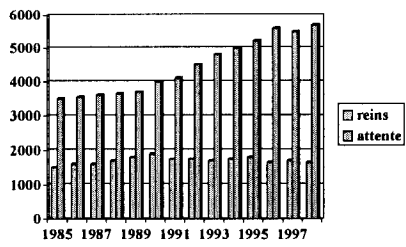
---

---

---

---

### **Transplantation de reins vs la liste d'attente**



Source : S.A. White et Nicholson 1999

---

---

---

---

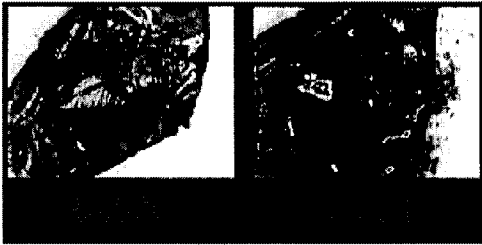
---

---

---

---

## *Cœur de porc*



---

---

---

---

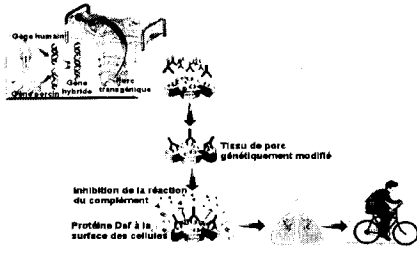
---

---

---

---

### *Inactivation du complément*



---

---

---

---

---

---

---

---

### *Les questions éthiques*

- Choix des patients
- Identité des individus
- Contexte social
- Statut animal
- Risque individuel et collectif

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

## Transgénèse chez la vache: applications

### Animal

- Résistance aux maladies

### Glande mammaire

- Modification du contenu en caséine kappa
- Réduction du lactose
- "Humanisation" de la composition du lait

---

---

---

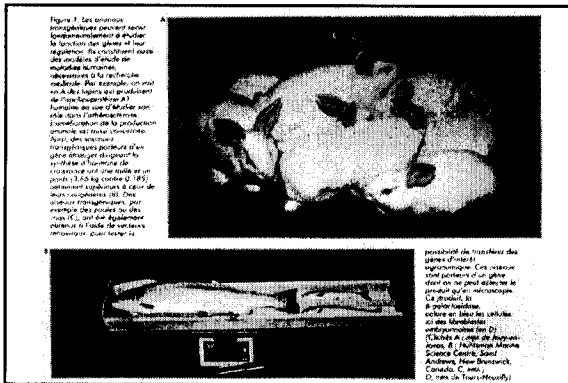
---

---

---

---

---




---

---

---

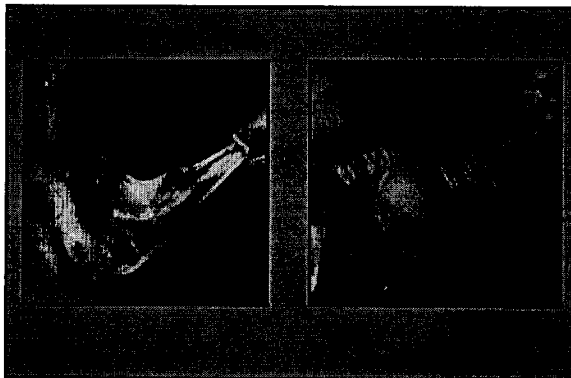
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

### *Le porc écologique*



- L'acide phytique compte pour près de 60-90% de l'apport en phosphore dans l'alimentation du porc
- Le système digestif ne possède pas les enzymes nécessaires pour dégrader l'acide phytique
- On propose de produire un porc transgénique dans lequel la phytase sera exprimée au niveau des glandes salivaires et de l'intestin.
- Ceci amènera une amélioration de l'efficacité alimentaire et de la croissance ainsi qu'une quantité réduite de phosphore dans les déjections

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---

### *Perception du public*

- Bien-être animal vs droit des animaux
- Convictions religieuses et morales
- Transfert de gènes inter espèces
- Effets sur la santé
- Remise en question du type d'élevage pratiquée
- Effets sur la culture: l'animal usine
- Application de la technologie chez l'humain

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

FRANÇOIS BELZILE, PH.D.

---

Plantes transgéniques : panacée  
ou boîte de Pandore ?

**François Belzile, Ph.D.**  
**Professeur titulaire, Université Laval**

1) Formation

B. Sc. en Agronomie (Université Laval), 1985

M. Sc. en Génétique (University of California, Davis), 1987

Ph. D. en Génétique (University of California, Davis), 1991

Formation post-doctorale en génétique moléculaire des plantes, 1992  
(John Innes Centre, Norwich, Angleterre)

2) Recherche

a) fondamentale

Mon laboratoire cherche à mieux comprendre la recombinaison génétique, le processus qui assure le brassage de l'information génétique. Il s'agit d'un processus essentiel en amélioration génétique car les meilleures combinaisons issues de la recombinaison génétique seront sélectionnées et donneront de nouveaux cultivars plus performants en alliant les qualités de leurs parents.

b) appliquée

Nous travaillons en partenariat avec l'industrie semencière du Québec afin de développer de nouveaux cultivars d'orge et de soya qui soient plus résistants à diverses maladies dont la fusariose (orge) et la scélortiniose (soya). Cette recherche fait appel à diverses biotechnologies qui contribuent chacune à leur façon à la mise au point de cultivars plus performants.

# Plantes transgéniques : Panacée ou boîte de Pandore ?

par François Belzile

Professeur en génétique des plantes  
Département de phytologie  
Université Laval

## Introduction

Cela fait maintenant plus de quinze ans que les toutes premières plantes transgéniques ont été produites. Ce tour de force technique a été accueilli avec enthousiasme dans la communauté scientifique en raison des possibilités nouvelles qu'offrait désormais cette technologie. Parallèlement, certains ont vu en ces plantes de nouvelles créatures sorties tout droit du laboratoire du Dr. Jeckyll. En Angleterre, le prince Charles s'est même permis de baptiser d'«aliments Frankenstein» («Frankenfood») les produits alimentaires qui sont dérivés de plantes modifiées génétiquement aussi qualifiées d'« organismes génétiquement modifiés », ou OGM.

Cette idée de modification génétique dérange profondément bon nombre de gens. Cela reflète malheureusement certaines idées reçues au sujet de l'agriculture et de la nature réelle de cette activité humaine. Ce qu'il faut savoir, c'est que toutes les plantes cultivées pour nourrir l'humanité, à de très rares exceptions, ont été largement façonnées par l'intervention humaine. La modification génétique du vivant s'est fait depuis les tous débuts de l'agriculture, il y a environ 10,000 ans. Le maïs illustre bien ce phénomène. L'ancêtre du maïs, la téosinte, a été modifié génétiquement au fil des siècles à tel point qu'aujourd'hui, il est difficile de croire que le maïs en est un proche parent. D'une part, nous avons une plante cultivée (le maïs) superbement adaptée à l'environnement agricole et offrant un rendement élevé (~10T/ha) et de l'autre, une plante sauvage (la téosinte) très bien adaptée à son environnement naturel mais offrant peu d'attraits agronomiques (~0,1 T/ha). Ainsi, la modification génétique n'est pas, en soi, une nouveauté. De nombreuses méthodes et techniques permettant de modifier le bagage génétique des plantes ont été utilisées depuis des millénaires et tout particulièrement au cours du vingtième siècle. La transgénèse représente simplement la plus récente de ces technologies puisqu'elle date d'une quinzaine d'années.

Avec le recul de ces quinze dernières années, qu'avons-nous réalisé et que nous réserve l'avenir ? Pour porter un jugement éclairé sur cette nouvelle technologie, il importe de bien comprendre tout d'abord de quoi il s'agit et en quoi ces plantes diffèrent de toute autre plante



qu'on peut retrouver dans nos champs ou sur nos tablettes d'épicerie à l'heure actuelle. Dans ce qui suit, nous commencerons par définir ce qu'on appelle une plante transgénique et nous expliquerons très succinctement comment celles-ci sont obtenues. Afin d'illustrer les potentialités de cette technologie, nous donnerons quelques exemples de plantes transgéniques qui sont déjà sur le marché et d'autres de plantes qui pourraient bientôt y être. Ensuite, nous nous pencherons sur les modifications génétiques qu'entraîne ce processus afin de nous permettre de comparer cette technologie avec les technologies existantes en matière d'amélioration génétique. Finalement, ces informations nous permettront de faire ressortir les retombées positives ainsi que les dangers possibles de cette technologie.

### **Les plantes transgéniques.**

Qu'est-ce donc qu'une plante transgénique ? Réduite à sa plus simple expression, il s'agit d'une plante à laquelle est venue s'ajouter un « transgène », c'est-à-dire un gène qui lui vient d'ailleurs. Il s'agit donc d'une plante dont le bagage génétique a été modifié par l'ajout d'un ou quelques gènes, tout au plus, et auxquels on donne le nom de « transgènes ». Pour mettre en perspective l'ampleur de cette modification, il importe de rappeler que les plantes possèdent quelques dizaines de milliers de gènes. En conséquence, l'ajout d'une paire de gènes peut être considérée comme étant une modification très fine du bagage génétique.

Cette information génétique est un ensemble d'instructions qui, aussi spécifiques soient elles, sont rédigées dans un langage qui est universel: l'ADN (ou acide désoxyribonucléique). Ainsi, des bactéries aux humains en passant par les plantes, tous possèdent des chromosomes qui sont constitués d'ADN. Grâce à l'universalité de ce langage biologique, il devient alors possible d'envisager qu'un gène bactérien puisse être décodé, compris, dans une cellule végétale. Comme l'information génétique contenue dans les chromosomes est transmise de génération en génération, l'introduction d'un nouveau gène dans un chromosome permet de modifier de façon permanente le bagage génétique d'une plante.

### **La production de plantes transgéniques.**

Comment donc est-il possible d'introduire dans un chromosome un ou des gènes étrangers ? Il faut faire appel à un ensemble de techniques qui permettront de réaliser essentiellement deux choses : 1) introduire dans un chromosome d'une seule cellule végétale le ou les nouveaux gènes et 2) régénérer, à partir de cette unique cellule modifiée, une plante entière. De ce processus, on obtiendra des plantes transgéniques dont le bagage génétique aura été modifié par l'ajout de quelques gènes. Une fois produites en laboratoire, ces plantes transgéniques feront l'objet de nombreuses analyses afin de vérifier si la

caractéristique souhaitée est bel et bien présente. De plus, il faudra démontrer qu'une plante ne présente aucun danger (en répondant à un ensemble de critères) avant que ne puisse être envisagée sa commercialisation éventuelle. De sa « conception » en laboratoire, il faudra souvent compter entre cinq et dix ans avant qu'une plante transgénique n'arrive sur le marché, soit le temps nécessaire pour « peaufiner » le matériel (entre autres pour répondre aux exigences agronomiques) et pour réaliser tous les tests requis pour en assurer l'innocuité.

### **Applications concrètes de la transgénie.**

Avant d'aborder les conséquences qui découlent de la transformation génétique des plantes et des dangers possibles qui s'y rattachent, nous donnerons quelques exemples d'applications concrètes de la transgénie en agriculture. Nous décrirons d'abord les plantes présentement cultivées au Canada et ailleurs avant de donner un aperçu des applications futures qui sont présentement en développement.

Les plantes transgéniques les plus cultivées (71 % des superficies consacrées aux plantes transgéniques en 1998) sont sans contredit les plantes résistantes à des herbicides à large spectre tels que le fameux Round-Up de Monsanto. Il peut paraître paradoxal de souhaiter diminuer l'utilisation de pesticides en mettant sur le marché des plantes qui, par définition, n'ont d'intérêt que si on les arrose avec le pesticide spécifique dont elles tolèrent l'utilisation. Ce qu'il faut savoir c'est que l'utilisation d'une seule application de Round Up (un produit universellement reconnu comme étant un des herbicides les moins dangereux pour la santé et l'environnement) permet de réprimer les mauvaises herbes alors qu'auparavant il fallait avoir recours à une série d'arrosages avec divers herbicides. Même s'il s'avérait que la quantité totale d'herbicides employés ne diminue pas, le simple fait d'avoir recours à des produits présentant moins d'effets indésirables apparaît, en soi, comme un progrès souhaitable.

La seconde catégorie de plantes transgéniques en importance (28 % des emblavures en plantes transgéniques) englobe quelques cultures rendues résistantes à des insectes (maïs, pomme de terre, coton). Dans tous ces cas, ces plantes produisent une toxine qui agit de façon très spécifique sur certains insectes et qu'on retrouve normalement chez une bactérie du sol, le *Bacillus thuringiensis*, ou Bt pour les intimes. Cette bactérie est utilisée en lutte biologique depuis des décennies et constitue un des principaux moyens de lutte en production de fruits et légumes biologiques. Ainsi, plutôt que d'arroser les cultures avec la bactérie comme cela se pratique en lutte biologique, on a introduit un seul gène de cette

bactérie au sein des plantes transgéniques pour que celles-ci produisent elles-mêmes la toxine de Bt. À cet égard, il est intéressant de constater que le public s'inquiète de consommer une pomme de terre transgénique qui ne contient que la toxine en question alors que l'on est tout à fait à l'aise de consommer toute la bactérie lorsqu'on se procure des produits biologiques qui ont pu être arrosés avec une suspension bactérienne !

La dernière classe de plantes transgéniques présentement cultivées (1 % des superficies) comprend des plantes résistantes à des pathogènes (des virus surtout). Parmi celles-ci, deux sont homologuées pour culture au Canada (certaines courges et bientôt la pomme de terre). Les maladies causées par des virus sont particulièrement problématiques en agriculture car il n'existe aucun « viricide » (produit pouvant éliminer les virus) comme il existe des fongicides ou des insecticides, par exemple. Ainsi, suite à une infection virale, souvent amenée par un insecte qui agit comme vecteur de la maladie), il n'y a plus qu'à éliminer les plantes malades (et parfois le champ au grand complet). En conséquence, dans certaines productions, le recours à des insecticides sur une base préventive est pratiqué afin d'éliminer le vecteur de la maladie et d'éviter ainsi toute infection virale. Lorsque ces mêmes plantes sont dotées de résistance, il n'est plus nécessaire de procéder à ces pulvérisations d'insecticides.

En soi, il n'est pas nouveau d'avoir recours à des plantes résistantes à des herbicides, à des insectes ou à des pathogènes. Depuis des décennies, les agriculteurs emploient de telles plantes lorsque celles-ci ont été rendues disponibles par suite de travaux d'amélioration génétique traditionnelle. Au Canada, des plantes non-transgéniques résistantes aux triazines (une classe d'herbicide) sont cultivées dans l'Ouest canadien depuis une vingtaine d'années. Pareillement, d'innombrables variétés de plantes cultivées présentant des résistances à diverses maladies ou insectes, et développées dans le cadre de programmes d'amélioration variétale conventionnels, sont non seulement cultivées mais vivement souhaitées car elles permettent de réduire significativement le recours aux moyens de lutte chimique. Ce qui est nouveau, c'est de pouvoir développer de tels produits à plus grande échelle et chez plus d'espèces via la transgénie.

Bien qu'on puisse avancer que ces plantes offrent des bénéfices environnementaux (réduction de l'emploi de pesticides), ceux-ci n'apportent pas de bénéfices directs très palpables aux consommateurs que nous sommes tous. Cette situation est sur le point de changer avec l'avènement de nouvelles applications de la transgénie. Ici, on évoque de nombreuses innovations technologiques qui promettent d'offrir aux consommateurs des produits pouvant présenter un attrait certain. On pense entre autres à des aliments dont la

MIREILLE PRUD'HOMME,  
Santé Canada

---

Méthodologie comparative pour évaluer  
l'innocuité des aliments,  
dont les aliments nouveaux

## **Mireille Prud'homme**

**Bureau de l'intégration des politiques alimentaires de la direction des aliments, Santé Canada.**

Mireille Prud'homme travaille présentement au bureau de l'intégration des politiques alimentaires de la direction des aliments de Santé Canada. Elle participe à l'élaboration des politiques nationales relatives aux aliments dérivés de la biotechnologie. M<sup>me</sup> Prud'homme participe également à des initiatives internationales visant l'élaboration d'une approche harmonisée pour l'évaluation de l'innocuité des aliments nouveaux, tel que celles du Groupe de travail sur l'innocuité des aliments pour la consommation humaine et animale de l'OCDE et du Groupe spécial intergouvernemental du Codex sur les aliments dérivés des biotechnologies.

M<sup>me</sup> Prud'homme a obtenu un baccalauréat et une maîtrise en biologie à l'université d'Ottawa. Avant de travailler à Santé Canada, elle a travaillé pendant plusieurs années à l'Agence canadienne dans le domaine de la réglementation et de l'évaluation des produits agricoles issues de la biotechnologie.

## L'évaluation de l'innocuité des aliments issus de modification génétique

Mireille Prud'homme  
Bureau de l'intégration des politiques alimentaires  
Direction des aliments, Santé Canada

---

---

---

---

---

---

---

---

## Les aliments nouveaux

La présentation couvrira:

- ` le règlement sur les aliments nouveaux
- ` le processus d'évaluation de l'innocuité
- ` autres activités touchant les aliments nouveaux

---

---

---

---

---

---

---

---

Quels ministères sont chargés d'évaluer  
l'innocuité et la sécurité des aliments  
modifiés génétiquement?

Santé Canada

Évaluation de  
l'innocuité des  
aliments nouveaux

Agence canadienne  
d'inspection des aliments

Évaluation de la sécurité  
environnementale des  
végétaux à caractères  
nouveaux

---

---

---

---

---

---

---

---

**Comment les aliments génétiquement modifiés sont-ils réglementés?**

Modification au *Règlement sur les aliments et drogues* (Octobre 1999)

Titre 28 - Aliments nouveaux

Période de consultation (début en 1992)

Nouveautés:

- préavis de mise en vente obligatoire
- changement à certaines définitions

---

---

---

---

---

---

---

---

**Quelles sont les exigences du Règlement?**

Le fabricant doit soumettre:

- préavis de mise en vente
- description détaillée + niveau de consommation prévu
- résultats des analyses scientifiques (obligatoires pour les aliments génétiquement modifiés)

Santé Canada:

- revue et, au besoin, demande de données d'analyses scientifiques (45 jours)
- évaluation des données d'analyses scientifiques (90 jours)
- décision et lettre d'absence d'objection à la mise en vente

---

---

---

---

---

---

---

---

**Qu'est-ce qu'un aliment nouveau?**

- pas d'antécédent d'utilisation sans risque (type 1)
  - fibres nouvelles
  - protéine d'organisme unicellulaire
- fabriqué au moyen d'un nouveau processus (type 2)
  - technologie à lumière pulsée appliquée au lait
- génétiquement modifié (type 3)
  - pomme de terre tolérante au doriphore
  - riz à forte teneur en vitamine A

---

---

---

---

---

---

---

---

**Comment évalue-t-on l'innocuité  
des aliments génétiquement modifiés  
à Santé Canada?**

**Lignes directrices relatives à l'évaluation de  
l'innocuité des aliments nouveaux (SC, 1994)**

- principes issus de consultations internationales (OMS, FAO, OCDE)
- approche semblable: Japon, Australie, Etats-Unis, Nouvelle-Zélande et les pays d'Europe
- examen des données + protocoles
- champs d'expertise: biologie moléculaire, toxicologie, chimie des aliments, nutrition et microbiologie

---

---

---

---

---

---

---

---

**Pourquoi l'approche  
pour l'évaluation de l'innocuité  
des aliments est-elle différente de  
celle  
des autres produits?**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Additifs alimentaires**

- groupe très homogène
- substances simples, bien définies et sans valeur nutritive
- faible niveau d'exposition (< 1% du régime)
- essais avec des doses excessives possibles
- effets aigus très évidents
- métabolisme simple et facile à étudier

Rend possible la l'identification de liens de cause à effet en utilisant une série d'essais préétablis

---

---

---

---

---

---

---

---



### **Aliments entiers**

- complexes, composition variable, volumineux et nutritif
- niveau d'exposition relativement élevé (>10% du régime)
- problème de satiété lors des analyses, administration de doses élevées impossible
- effets aigus non observables
- métabolisme complexe

Il n'existe pas une série de tests applicables pour tous les aliments. Interprétation de résultats obtenus pour un aliment entier par le biais d'essais traditionnels très difficile, voir impossible

---

---

---

---

---

---

---

---

### **Faits importants: Aliments entiers**

- ˘ Nécessité d'une autre approche pour l'évaluation
- ˘ La plupart des aliments que nous consommons n'ont jamais été assujetti à des essais poussés. Ces aliments sont néanmoins considérés sans danger et nutritifs

---

---

---

---

---

---

---

---

### ***équivalence en substance***

---

---

---

---

---

---

---

---

**Qu'est-ce que  
l' « équivalence en substance » ?**

- concept et non pas le résultat d'une évaluation
- un des éléments dans le processus d'évaluation
- approche comparative servant de guide dans processus d'évaluation
- développé par l'OCDE (1993) et revisitée à plusieurs reprises (par ex. FAO/OMS en juin 2000)

---

---

---

---

---

---

---

**Quels sont les avantages  
de cette approche ?**

- permet d'identifier les différences (intentionnelles et non-intentionnelles)
- permet d'évaluer les impacts potentiels de ces différences sur la santé
- grande flexibilité
- surmonte les limites de l'approche conventionnelle

---

---

---

---

---

---

---

**L'équivalence en substance...**

" Une approche comparative se concentrant sur la détermination des similitudes et des différences entre l'aliment génétiquement modifié et sa contrepartie conventionnelle assiste dans l'identification des éléments potentiels touchant l'innocuité et la valeur nutritive et...

---

---

---

---

---

---

---

### L'équivalence en substance (suite)

... est considérée l'approche la plus adéquate pour l'évaluation de l'innocuité et de la valeur nutritive des aliments génétiquement modifiés. "

Extrait du rapport de la consultation mixte FAO/OMS d'experts sur les aliments dérivés des biotechnologies Genève, 29 mai – 2 juin 2000 (*traduction libre*)

---

---

---

---

---

---

---

---

### Comment un aliment génétiquement modifié peut-il différer de l'aliment traditionnel ?

- ˘ ADN nouveau introduit
- ˘ nouvelle protéine (codé par le gène introduit)
- ˘ changement intentionnel au niveau d'un élément nutritif clé

---

---

---

---

---

---

---

---

### Dans quelles mesures un aliment génétiquement modifié est-il semblable à l'aliment conventionnel?

les éléments nutritifs clés dans la fourchette de variation normale

les niveaux de toxines, facteurs anti-nutritionnels et allergènes qui se retrouvent naturellement dans l'aliment n'ont pas augmentés (par exemple, la solanine dans la pomme de terre)

Permet l'identification de différences non-intentionnelle

---

---

---

---

---

---

---

---

## Évaluation du potentiel allergénique

Considérations:

### protéine nouvelle codée par le gène introduit

- antécédents d'allergénicité du donneur et les caractéristiques de la protéine

### niveaux des allergènes endogènes

- leurs niveaux ont-ils changés?

---

---

---

---

---

---

---

---

Est-ce que l'évaluation de l'innocuité tient compte des effets possibles à long terme?

---

---

---

---

---

---

---

---

## Évaluation des effets à long terme potentiels

Les questions liées à la valeur nutritive, la toxicité et l'allergénicité potentielles sont les mêmes que l'aliment soit issu de la biotechnologie ou non.

Ces aspects sont considérés lors de l'évaluation. Un produit n'est autorisé que s'il est déterminé sûr et nutritif.

La nécessité, la pertinence et l'utilité d'un programme de surveillance après la mise en marché sont considérées lors de l'évaluation.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Évaluation des effets à long terme potentiels

Les aliments nouveaux autorisés jusqu'à ce jour sont relativement simples et ont été déterminés "aussi sûrs" et nutritifs" que les aliments correspondants non-modifiés que nous consommons déjà.

Le risque qu'il survienne des effets à long terme est le même pour cet aliment que pour l'aliment non-modifié.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Évaluation des effets à long terme potentiels

Il est généralement reconnu qu'un programme de suivi pourrait être exigé pour des aliments plus complexes et très différents des aliments conventionnels afin de confirmer certaines hypothèses formulées durant l'évaluation de l'innocuité.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Évaluation des effets à long terme potentiels

"...l'évaluation de l'innocuité des aliments génétiquement modifiés avant leur mise en marché donne déjà l'assurance que l'aliment est "aussi sûr" que l'aliment conventionnel semblable."

"...la possibilité d'effets à long terme attribuables spécifiquement aux aliments génétiquement modifiés est fort improbable."

"...l'identification, par le biais d'études épidémiologiques observationnelles, d'effets semblables parmi l'ensemble des effets indésirables des aliments en général serait improbable."

- traduction libre (FAO/OMS, 2000)

---

---

---

---

---

---

---

---

Est-ce que la comparaison  
entre les aliments issus de modification génétique et les  
médicaments  
est valide?

Programme de surveillance

---

---

---

---

---

---

---

---

**Programme de surveillance:**

Médicaments:

- ˘ Structure simple et bien définie
- ˘ Des effets indésirables sont souvent anticipés
- ˘ Programme de prescription (dose contrôlée)
- ˘ Suivi médical
- ˘ .....peu de point en commun avec les aliments!

---

---

---

---

---

---

---

---

**En bref, quels aspects sont considérés  
lors d'une évaluation de l'innocuité?**

méthode de mise au point et caractérisation  
moléculaire de la plante génétiquement modifiée et  
du caractère nouveau

composition

qualité nutritionnelle

risque potentiel d'introduction de nouvelles toxines

risque potentiel de provoquer des réactions  
allergiques

---

---

---

---

---

---

---

---

### Décisions concernant les aliments génétiquement modifiés

**1994-2000 :**

48 aliments - tous dérivés de végétaux génétiquement modifiés (incluent 8 issus de méthodes traditionnelles)

**Espèces végétales:**

soja, pomme de terre, maïs, canola, blé . . . .

**Caractères nouveaux:**

simples et souvent liés aux aspects agronomiques

---

---

---

---

---

---

---

---

### Groupe d'experts sur l'avenir de la biotechnologie dans le domaine alimentaire

Groupe d'experts indépendant constitué par la Société royale du Canada en février 2000. Rapport prévu en janvier 2001.

**Champs d'expertise:** écologie, génétique, chimie des aliments, santé de l'environnement, biologie végétale...

**Mandat:** Conseiller Santé Canada, l'ACIA et EC sur les compétences scientifiques et réglementaires nécessaires pour suivre les progrès de la science

Site internet: <http://www.rsc.ca>

---

---

---

---

---

---

---

---

### Comité consultatif canadien de la biotechnologie

Question du choix du consommateur touche des préoccupations liées à la santé et la sécurité environnementale, d'ordre social et éthique

La responsabilité de Santé Canada se rattache strictement à l'élaboration de politiques et de normes basées sur la science liées à la santé

Mandat du comité d'experts indépendant:

- conseiller les ministres en matière de biotechnologie
- projets spéciaux, tribune permanente
- sensibilisation du public au processus réglementaire

Site internet: <http://www.cbac.gc.ca>

---

---

---

---

---

---

---

---

## Et l'étiquetage?

---

---

---

---

---

---

---

---

### Exigences: étiquetage des aliments

Santé Canada et l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) partagent la responsabilité en ce qui a trait aux politiques en matière d'étiquetage des aliments, en vertu de la *Loi sur les aliments et drogues*

Santé Canada: aspects qui touchent la santé et la sécurité.

Les mêmes exigences s'appliquent pour tous les aliments, qu'ils soient issus de modification génétique ou non.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Etiquetage des aliments issus de modification génétique

L'étiquetage est **obligatoire** lorsque des changements sont apportés aux aspects nutritionnels ou compositionnels du produit ou encore pour attirer l'attention des consommateurs sur d'éventuels effets sur la santé, comme la présence d'agents allergènes.

présence d'un allergène (par ex. arachide, noix)

changement en composition ou au niveau nutritionnel (par ex. Linola<sup>TM</sup> et Laurical)

---

---

---

---

---

---

---

---



### Etiquetage des aliments issus de modification génétique

L'étiquetage **volontaire** est permis pour souligner toute caractéristique présentant un intérêt pour le consommateur, à condition que cette information soit véridique et n'induit pas en erreur.

- production biologique
- production hydroponique
- par génie génétique

---

---

---

---

---

---

---

---

### Etiquetage des aliments issus de modification génétique

**Office des normes générales du Canada (ONGC) et le Conseil canadien de la distribution alimentaire (CCDA)**

Projet d'élaboration d'une norme volontaire sur l'étiquetage des aliments issus de la biotechnologie

<http://www.pwgsc.gc.ca>

---

---

---

---

---

---

---

---

### Etiquetage des aliments issus de modification génétique

**Comité du codex sur l'étiquetage des denrées alimentaires préemballées (CCEDAP)**

Norme concernant l'étiquetage des aliments et des ingrédients alimentaires obtenus à l'aide des biotechnologies modernes

<http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/ECONOMIC/ESN/codex/>

---

---

---

---

---

---

---

---

Où peut-on trouver plus d'information?

Règlement sur les aliments nouveaux

Lignes directrices

Résumés de décisions

Réponses aux questions fréquemment posées

[www.hc-sc.gc.ca/food-aliment/francais/sujets/  
aliment\\_nouveau/aliment\\_nouveau.html](http://www.hc-sc.gc.ca/food-aliment/francais/sujets/aliment_nouveau/aliment_nouveau.html)

---

---

---

---

---

---

---

---

## QUESTIONS FRÉQUENTES SUR LES ALIMENTS GÉNÉTIQUEMENT MODIFIÉS

### **Q1. Qu'est-ce que la biotechnologie?**

R1. La biotechnologie est un terme général qui couvre un large spectre d'outils et de techniques, de la fermentation (pain, vin, fromage) jusqu'au génie génétique, en passant par la reproduction des plantes et des animaux, la culture des cellules et des tissus et la production d'antibiotiques. Les caractères de chaque organisme sont codés dans son matériel génétique (ADN ou ARN) qui est organisé en unités individuelles appelées gènes. La modification génétique se fait en changeant le code ou l'organisation du matériel génétique d'un organisme. Cela comprend, entre autres, l'introduction d'un ou de plusieurs gènes d'un organisme dans un autre (c'est ce qu'on appelle généralement le génie génétique).

### **Q2. Qu'est-ce qu'un aliment nouveau?**

R2. Les aliments nouveaux sont définis comme des produits qui n'ont jamais été utilisés comme aliments; des aliments qui résultent d'un procédé qui n'a jamais été appliqué auparavant à un aliment; ou encore des aliments qui ont été génétiquement modifiés. Cette dernière catégorie d'aliments est connue également sous le nom d'aliments génétiquement modifiés (souvent appelés aliments GM, mis au point par génie génétique ou issus de la biotechnologie).

### **Q3. Combien d'aliments génétiquement modifiés permet-on au Canada?**

R3. Santé Canada a approuvé 48 types de modifications génétiques dans des plantes destinées à la consommation au Canada. Les aliments approuvés jusqu'à ce jour sont dérivés des cultures suivantes :

- le maïs, notamment des souches résistant à la pyrale du maïs et aux herbicides;
- le canola, notamment des souches résistant aux herbicides;
- la pomme de terre, notamment des souches résistant au doryphore de la pomme de terre;
- la tomate, notamment des souches mûrissant plus lentement et tolérantes aux insectes;
- la courge;
- le soja, notamment des souches dont la composition de l'huile a été modifiée et des souches tolérantes aux herbicides;
- le lin;
- la betterave;
- le blé; et
- le coton.

On peut consulter la liste d'aliments nouveaux approuvés ainsi que des renseignements complémentaires sur chaque évaluation sur le site Web de Santé Canada à [www.hc-sc.gc/food-aliment](http://www.hc-sc.gc/food-aliment).

**Q4. Pouvez-vous donner un exemple d'un aliment issu de la biotechnologie qui n'a pas reçu l'approbation du gouvernement?**

R4. La plupart des entreprises ne font pas une demande d'approbation ou la retirent lorsqu'elles jugent qu'elle ne satisfera pas aux critères rigoureux définis par Santé Canada. Par exemple, il y a plusieurs années, on a mené des recherches en vue d'obtenir du tourteau de soja de meilleure qualité comme aliment pour le bétail. Cela consistait à transférer au soja le matériel génétique encodant une protéine de stockage de la noix du Brésil.

Comme la noix du Brésil est connue pour son potentiel de provoquer une réaction allergique chez un segment de la population, on a effectué des essais en laboratoire à l'aide de sérum provenant de personnes sensibles à la noix du Brésil dans le but de déterminer si la protéine allergène avait été transférée au soja. Les résultats de ces essais de laboratoire ont montré que le gène obtenu de la noix du Brésil était susceptible d'encoder le principal allergène de la noix du Brésil; les recherches sur ce produit ont donc été interrompues.

Ce produit n'a pas été soumis de façon formelle pour évaluation en vue de sa commercialisation. Ce soja renfermant la protéine de la noix du Brésil n'a jamais été mis sur le marché.

**Q5. Quels ministères du gouvernement sont responsables de l'évaluation de l'innocuité des aliments issus de la biotechnologie?**

R5. Santé Canada est responsable de l'évaluation de l'innocuité pour les humains des produits issus de la biotechnologie, notamment les aliments, les médicaments, les cosmétiques, les instruments médicaux et les produits antiparasitaires. Dans le cas des aliments nouveaux, chaque évaluation de l'innocuité consiste à examiner le procédé utilisé pour obtenir l'aliment nouveau, les caractéristiques de la plante et de l'aliment nouveau dérivé de celui-ci par rapport à celles de son équivalent classique, sa valeur nutritionnelle, la présence possible de substances toxiques ou de facteurs antinutritionnels et l'allergénicité possible de protéines nouvellement produites dans l'aliment.

L'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) partage la responsabilité avec Santé Canada en ce qui a trait à la réglementation des produits issus de la biotechnologie, notamment les plantes, les aliments pour le bétail et les ingrédients de ces aliments, les engrais et les produits biologiques vétérinaires. Pour ce qui est des plantes cultivées génétiquement modifiées, l'ACIA évalue le risque potentiel d'incidences environnementales; autorise et supervise les permis d'importation, les essais en milieu confiné, la mise en circulation libre et l'enregistrement des variétés.

**Q6. Y a-t-il des preuves scientifiques indiquant que les aliments génétiquement modifiés sont moins sûrs que les aliments produits à l'aide des techniques classiques?**

R6. Santé Canada procède à l'examen de la salubrité d'aliments issus de modifications génétiques depuis 1994. Chacun des 48 aliments actuellement autorisés à la vente au Canada a été l'objet d'une évaluation rigoureuse. Santé Canada n'a eu aucune preuve scientifique que ces aliments présentent un risque. Parallèlement, aucun des produits que

nous avons examinés ne présentait le risque d'introduire des allergènes ou des agents toxiques nouveaux dans la chaîne alimentaire.

**Q7. Que fait le gouvernement face aux répercussions à long terme des aliments génétiquement modifiés?**

R7. Les aliments qui ont été approuvés jusqu'à maintenant ne représentent que des exemples relativement modestes du génie génétique faisant intervenir le transfert d'un ou de deux gènes qui introduisent un nombre limité de traits caractéristiques nouveaux, notamment la résistance à un insecte ou à un virus.

Toutefois, si les progrès technologiques donnent lieu à des modifications qui offrent des combinaisons nutritives sensiblement différentes ou des caractéristiques nouvelles jamais rencontrées auparavant dans l'approvisionnement alimentaire, on pourrait soumettre ces aliments à des études supplémentaires pour arriver à une évaluation globale. Dans ces cas, les études à long terme pourraient constituer une approche valide à inclure dans l'évaluation de l'innocuité globale de ces produits. Les lignes directrices pour l'évaluation de l'innocuité des nouveaux aliments permettent d'adopter une approche flexible. Si les évaluations des scientifiques de Santé Canada et de l'ACIA indiquent que des études à plus long terme sont requises, l'aliment ne sera pas approuvé et l'organisation qui fait la demande d'approbation devra entreprendre les études à plus long terme et présenter plus de détails avant que la demande ne soit étudiée plus à fond. Pour l'instant, aucun produit présentant une telle nouveauté dans l'approvisionnement alimentaire n'a été proposé en vue de sa commercialisation.

**Q8. Pourquoi le principe de l'“équivalence en substance” est-il considéré comme un concept efficace d'évaluation de l'innocuité?**

R8. Notre approche de l'évaluation de l'innocuité des aliments génétiquement modifiés repose sur une comparaison de cet aliment à des aliments classiques non modifiés, qui sont utilisés de longue date sans risque. Cette approche est nommée l'“équivalence en substance”. Cela ne signifie pas que Santé Canada approuve un aliment génétiquement modifié s'il est “équivalent en substance” à sa contrepartie traditionnelle, mais plutôt que les scientifiques évaluent d'abord l'aliment génétiquement modifié par rapport à l'aliment traditionnel semblable qui fait depuis longtemps partie de notre régime alimentaire afin de déterminer les caractéristiques ou les composants nouveaux. Les scientifiques peuvent alors insister sur ces caractéristiques et composants nouveaux. Les points examinés lors de l'évaluation de l'innocuité comprennent notamment le procédé de fabrication de l'aliment nouveau, ses qualités nutritives, la présence possible d'agents toxiques ou de facteurs antinutritionnels ainsi que l'allergénicité possible des nouvelles protéines introduites.

Les scientifiques de Santé Canada peuvent, à toute étape du processus d'évaluation, exiger des recherches ou des épreuves additionnelles s'ils veulent si elles sont nécessaires à la détermination de l'innocuité d'un aliment. Santé Canada n'approuvera un produit que lorsque tous les aspects relatifs à l'innocuité auront été examinés à leur satisfaction.

Le processus d'évaluation de l'innocuité est fondé sur des principes élaborés à la suite de consultations avec des experts internationaux menées par l'Organisation mondiale de la

santé (OMS), l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).

**Q9. Santé Canada et l'ACIA se basent sur l'information fournie par l'industrie pour déterminer l'innocuité des produits biotechnologiques. Cette information est-elle suffisante pour assurer l'indépendance du processus d'examen?**

R9. Le gouvernement du Canada dispose d'un processus rigoureux d'évaluation de la santé auquel il faut se conformer à la lettre pour protéger la l'innocuité et la valeur nutritive des disponibilités alimentaires du Canada ainsi que pour protéger la santé et la sécurité des Canadiens et de l'environnement.

Il existe des lignes directrices strictes sur le genre de renseignements à fournir à Santé Canada et sur la façon de produire ces renseignements. Lorsque les organismes s'adressent au Ministère, ce dernier leur fournit ces lignes directrices.

Les données présentées pour l'évaluation de l'innocuité du produit sont examinées par une équipe d'experts scientifiques dans les domaines de la nutrition, de la biologie nucléaire, de la chimie, de la science de l'environnement et de la toxicologie qui évaluent l'innocuité du produit. Cet examen se base sur l'évaluation scientifique des résultats tout comme sur les protocoles et les méthodologies employées pour obtenir cette information. En plus de cette évaluation détaillée, les évaluateurs peuvent aussi se reporter à toute donnée publiée au Canada ou à l'échelle internationale qui est pertinente au produit en question.

Si une partie de l'information fournie s'avère insuffisante, on exige des études plus poussées ou davantage de données. À l'aide de cet examen minutieux de toutes les données, il est pratiquement impossible de cacher ou de dénaturer l'information. Les produits ne sont approuvés que lorsque les évaluateurs sont convaincus que les données soumises rencontrent toutes les exigences réglementaires et tous les critères scientifiques pertinents.

**Q10. Que fait le gouvernement face à la question de l'étiquetage des aliments issus de la biotechnologie?**

R10. Santé Canada et l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) sont conjointement responsables des politiques en matière d'étiquetage des aliments en vertu de la *Loi sur les aliments et drogues*. Les responsabilités de Santé Canada à cet égard font partie de son mandat visant les questions de santé et de sécurité. L'étiquetage obligatoire est exigé pour les aliments génétiquement modifiés dont l'innocuité est mise en doute, à cause notamment de l'identification d'une allergénicité ou d'une modification de la composition ou de la valeur nutritionnelle. Dans de tels cas, l'étiquetage est requis pour alerter les consommateurs ou des groupes sensibles de la population. L'étiquetage volontaire des aliments dérivés de la biotechnologie est permis par les lois actuelles, une option offerte aux entreprises alimentaires pour satisfaire les exigences du marché.

Outre les préoccupations en matière d'innocuité, l'ACIA a orienté le programme fédéral vers le développement de politiques et de règlements généraux sur l'étiquetage des aliments qui ne sont pas liés à des questions de santé et de sécurité. En particulier, l'ACIA est chargée de protéger les consommateurs de la fausse représentation et des

fraudes en matière d'étiquetage, d'emballage et de publicité des aliments, et de recommander des exigences de base concernant l'étiquetage et la publicité des aliments.

Le Gouvernement du Canada reconnaît que l'étiquetage des aliments issus de la biotechnologie est devenu un enjeu important pour les consommateurs. Le gouvernement fédéral a d'ailleurs mis en œuvre un certain nombre d'initiatives en réponse aux demandes d'information croissantes du public sur les aliments issus de la biotechnologie, dont celles sur l'étiquetage obligatoire.

Par exemple, le Conseil canadien de la distribution alimentaire et l'Office canadien des normes générales du Canada ont lancé un projet qui permettra de dégager les normes sur l'étiquetage des aliments issus de la biotechnologie. Ce projet fait appel à la participation de 80 organismes, dont des groupes de consommateurs, des entreprises alimentaires, des producteurs, des groupes écologiques, des groupes d'intérêt et le gouvernement. La norme devrait être prête à l'automne 2000.

Le Comité permanent de l'agriculture et de l'agro-alimentaire mène, depuis le mois de mai 2000, une série d'audiences sur l'étiquetage des aliments issus de la biotechnologie.

**Q11. Que fait Santé Canada pour s'assurer que ses processus d'évaluation suivent l'évolution de la science de la biotechnologie et qu'elle emploie les pratiques les plus strictes disponibles?**

R11. À mesure que la science de la biotechnologie continue d'évoluer, le Ministère en soutient le rythme en utilisant la meilleure technologie de l'heure et en revoyant continuellement l'efficacité de son approche. L'approche qui est utilisée pour évaluer l'innocuité des aliments issus de la biotechnologie au Canada reflète plus d'une décennie de travail d'experts internationaux œuvrant au sein d'organisations telles l'OMS, la FAO et l'OCDE.

La Société royale du Canada a établi un comité d'experts indépendant qui examinera les progrès scientifiques prévues en biotechnologie alimentaire. Ce comité d'experts conseillera aussi Santé Canada, l'Agence canadienne d'inspection des aliments et Environnement Canada sur les ressources scientifiques dont le gouvernement fédéral aura besoin pour continuer de veiller à l'innocuité des nouveaux produits alimentaires issus de la biotechnologie au cours du XXI<sup>e</sup> siècle. Ce comité réunira certains des plus brillants cerveaux du pays et couvrira un large éventail d'expertises. Un rapport définitif est attendu en fin de janvier 2001.

*Mireille Prud'homme*

*Bureau de l'intégration politique Alimentaire, Santé Canada*

ÉLIZABETH VAVASOUR,  
toxicologue

---

Effets toxiques ?



**Elizabeth Vavasour,  
évaluatrice**

**Bureau d'innocuité des produits chimiques de la direction des aliments,  
Santé Canada.**

Elizabeth Vavasour est évaluatrice au bureau d'innocuité des produits chimiques de la direction des aliments de Santé Canada. Elle a fait ses études universitaires à l'université Queen's en Ontario où elle a obtenu un baccalauréat en sciences de la vie et une maîtrise en pharmacologie. M<sup>me</sup> Vavasour fait partie de l'équipe scientifique de la direction des aliments chargée de l'évaluation pré-mise en marché des aliments nouveaux. Elle évalue les aspects toxicologiques des aliments nouveaux issus d'espèces végétales génétiquement modifiées.

M<sup>me</sup> Vavasour a participé à titre d'expert à la consultation mixte FAO/OMS sur les aliments dérivés des biotechnologies tenue à Genève en juin dernier. Elle fait également partie de la délégation canadienne du Groupe spécial intergouvernemental du Codex sur les aliments dérivés des biotechnologies et est membre de l'équipe qui a rédigé l'ébauche des lignes directrices pour l'évaluation de l'innocuité des aliments dérivés de plantes modifiées qui sera présentée à la prochaine réunion du Groupe spécial en mars prochain.

**L'évaluation de la toxicité potentielle des aliments obtenus par modification génétique**

**Elizabeth Vavasour**  
Direction des Aliments  
Santé Canada

---

---

---

---

---

---

---

---

**Comment évalue-t-on l'innocuité des aliments nouveaux ?**

- La détermination de l'innocuité des aliments entiers exige des approches différentes de celles des produits chimiques comme les additifs alimentaires
- L'aliment nouveau ou les constituants alimentaires sont comparés à un produit équivalent conventionnel pour en établir les différences

---

---

---

---

---

---

---

---

**Comment évalue-t-on l'innocuité des aliments nouveaux?**

- L'évaluation de l'innocuité est axée sur les différences
- Le but est de déterminer si l'aliment nouveau est « aussi sûr que » son équivalent conventionnel

---

---

---

---

---

---

---

---

En quoi les aliments obtenus par modification génétique peuvent-ils être différents de leur contrepartie non-modifié?

- ADN nouveau provenant de l'organisme donneur
- nouvelle protéine produite par l'ADN introduit
- Changements intentionnels aux éléments nutritifs clés

---

---

---

---

---

---

---

---

En quoi les aliments obtenus par modification génétique sont-ils semblables à leur contrepartie non-modifiée?

- Les éléments nutritifs clés sont de portée normale comme dans la contrepartie non-modifiée
- Les niveaux des éléments toxiques, des facteurs anti-nutritionnels ou des allergènes endogènes (naturellement produits par la plante) ne devraient pas avoir changés

---

---

---

---

---

---

---

---

**L'évaluation de l'innocuité de l'ADN nouveau**

- L'ADN introduit ne représente que 1/250 000 de l'ADN total consommé
- L'ADN consommé dans notre alimentation est digéré par les enzymes (DNAases) du tube digestif
- Bien que le risque de transfert horizontal est jugé extrêmement faible, l'évaluation de ce risque fait partie intégrante du processus d'évaluation

---

---

---

---

---

---

---

---

**L'évaluation de l'innocuité de la nouvelle protéine**

- la possibilité qu'elle soit une toxine pour l'humain
- si la protéine est en fait un enzyme, la possibilité que les métabolites produits soient toxiques pour l'humain
- la possibilité qu'elle soit un agent allergène

---

---

---

---

---

---

---

---

**L'évaluation de l'allergénicité potentiel de la nouvelle protéine**

- Est-ce que la source du gène codant pour la protéine nouvelle est reconnue comme pouvant causer des réactions allergiques?
- La réponse à cette question déterminera les prochaines étapes de l'évaluation et les essais requis

---

---

---

---

---

---

---

---

**Si la protéine nouvelle provient d'une source connue comme pouvant causer une réaction allergique**

- le sérum provenant de sujets allergiques à la source en question est utilisé pour déterminer si la protéine nouvelle est un allergène ou non
- si les résultats sont positifs:
  - selon le cas, le produit ne sera pas autorisé ou une déclaration sera obligatoire sur l'étiquette
- si les résultats sont négatifs:
  - on exigera des intradermoréactions, et ensuite, une provocation orale pour confirmer que la protéine n'est pas un allergène

---

---

---

---

---

---

---

---

Si la protéine nouvelle provient d'une source qui n'est pas connue comme pouvant causer une réaction allergique

- les propriétés de la protéine sont comparées à celles des allergènes alimentaires connus
  - poids moléculaire
  - stabilité à la chaleur et à la digestion
  - prédominance dans l'aliment (> 1% du contenu en protéine total)
- La séquence d'acides aminés de la protéine est comparée aux données informatisées des séquences des allergènes alimentaires connus

---

---

---

---

---

---

---

---

### Étude de cas #1: canola à teneur en acide laurique élevée

- Caractéristique nouvelle:
  - La composition en acides gras a été intentionnellement modifiée pour ressembler à celle d'autres huiles végétales couramment utilisées dans les produits comme la margarine, les colorants à café, etc.
  - Utilisation: l'huile sera utilisée comme substitut des gras saturés, des graisses et des huiles hydrogénées (par ex. huile de coco)
- Protéine nouvelle: enzyme provenant de la baie de Californie
  - Permet l'accumulation de concentrations élevées de gras contenant des acides gras saturés de longueur moyenne

---

---

---

---

---

---

---

---

### Évaluation de l'innocuité: canola à teneur en acide laurique élevée

- Protéine nouvelle:
  - non décelée dans les graines ni dans l'huile (< 0,05 ppm)
- les feuilles de la baie de Californie sont déjà utilisées comme épice. Ses antécédents révèlent qu'elles sont sans danger pour la consommation humaine
- dégradée par les enzymes digestives
- aucune ressemblance avec les allergènes alimentaires et les toxines connues (séquence d'acides aminés)

---

---

---

---

---

---

---

---

### Évaluation de l'innocuité: canola à teneur en acide laurique élevée

- **Autres effets:**
  - pas de changements significatifs au niveau de l'acide érucique, des tocophérols et des phytostérols
  - la composition en acides gras modifiée est semblable à celles d'huiles déjà dans l'approvisionnement alimentaire (p. ex. l'huile de noix de coco)
- **Décision:**
  - pas de question d'innocuité en suspens
  - puisque l'huile n'a plus la composition typique de l'huile de canola on doit l'identifier sur l'étiquette par un autre nom pour le différencier du canola (Laurical) et en informer le consommateur

---

---

---

---

---

---

---

---

### Étude de cas #2: maïs tolérant à la pyrale

- **Caractéristique nouvelle:**
  - Les feuilles et la tige du maïs produisent une protéine permettant de combattre les larves de la pyrale du maïs
- **Protéine nouvelle: protéine du *Bacillus thuringiensis***
  - Source: bactérie courante dans le sol
  - Identique à la protéine présente dans la nature et qui est utilisée dans les préparations de pesticides biologiques homologués

---

---

---

---

---

---

---

---

### Évaluation de l'innocuité: maïs tolérant à la pyrale du maïs

- **Protéine nouvelle:**
  - toxique de manière sélective pour certains insectes - non toxique pour les mammifères (incluant les êtres humains)
  - antécédents d'innocuité car utilisée comme pesticide biologique depuis longtemps
  - sa concentration (0,4 ppm) dans la graine est 20 fois moindre que dans les feuilles
  - se dégrade rapidement en milieu acide de l'estomac aucune ressemblance avec les allergènes alimentaires connus (comparaison de la séquence)

---

---

---

---

---

---

---

---

### Évaluation de l'innocuité: maïs tolérant à la pyrale

- **Autres effets:**
  - pas de changement dans le contenu ou la composition au niveau des gras, protéines, glucides et des calories
  - réduction de l'infection à l'*Aspergillus*; niveau moindres d'aflatoxine (effet désirable)
- **Décision:**
  - pas de question d'innocuité en suspens
  - déterminé aussi sûr que le maïs traditionnel

---

---

---

---

---

---

---

---

### Étude de cas #3: soja tolérant à un nouvel herbicide

- **Caractéristique nouvelle:**
  - soja tolérant à l'application d'un herbicide total (glyphosate)
  - les résidus d'herbicide sur le soja ne doivent pas dépasser les limites permises dans les cultures traditionnelles
- **Protéine nouvelle: enzyme provenant de la bactérie du sol *Agrobacterium sp.***
  - Cette enzyme est une variante de celle qui se trouve déjà dans la plante et qui est impliquée dans la synthèse des acides aminés aromatiques essentiels à la survie de la plante
  - enzyme végétale est inactivée par le glyphosate mais l'enzyme bactérienne est insensible à cette herbicide

---

---

---

---

---

---

---

---

### Étude de cas #3: soja tolérant à un nouvel herbicide

- **Protéine nouvelle**
  - la concentration dans le soja est faible (0,08% de la protéine totale)
  - se dégrade rapidement sous l'effet des liquides gastriques et intestinaux
  - n'est pas toxique pour les souris
  - aucune ressemblance avec les allergènes alimentaires connus (comparaison de la séquence)

---

---

---

---

---

---

---

---

**Étude de cas #3:  
soya tolérant à un nouvel herbicide**

- **Autres effets:**
  - pas d'effet sur la qualité nutritionnelle, les niveaux de lectine et des facteurs anti-nutritionnels
  - pas d'augmentation du niveau des globulines ni des autres allergènes du soya
- **Décision:**
  - pas de question d'innocuité en suspens;
  - aussi sûr que le soya traditionnel

---

---

---

---

---

---

---

---

**Étude de cas #4: pomme de terre  
exprimant une lectine de perce-neige**

- **Caractéristique nouvelle:**
  - pomme de terre exprimant une nouvelle protéine la rendant moins attirante pour certains insectes.
  - n'a jamais été soumise pour l'évaluation de l'innocuité au Canada
- **Protéine nouvelle:**
  - source: la perce-neige (*Galanthus nivalis*)

---

---

---

---

---

---

---

---

**Évaluation de l'innocuité: pomme de terre  
que produit de la lectine de la perce-neige**

- **Protéine nouvelle**
  - la source n'a pas d'antécédent de consommation humaine
  - plusieurs lectines sont reconnues comme étant toxiques quand elles sont ingérées
  - la lectine de la perce-neige ne se dégrade pas dans le tractus gastro-intestinal
  - la lectine de la perce-neige a la capacité de se lier aux globules blancs
  - on ne sait pas si elle est absorbée dans la circulation sanguine
  - les études de toxicité sur les animaux sont inadéquates
- **Conclusion: Beaucoup de question en suspens. L'innocuité n'a pas été démontrée de manière adéquate.**

---

---

---

---

---

---

---

---



Le site Web de Santé Canada:

[www.hc-sc.gc.ca/food-aliment](http://www.hc-sc.gc.ca/food-aliment)

- Règlements sur les aliments nouveaux
- Décisions concernant les aliments nouveaux
- Les détails sur ces décisions

---

---

---

---

---

---

---

---

DOMINIQUE MICHAUD, Ph.D.

---

Effets allergènes ?

**Dominique Michaud, agronome, Ph.D.**  
**Professeur au département de phytologie et chercheur au Centre de  
Recherche en Horticulture  
Université Laval**

Après des études agronomiques à l'Université Laval, Dominique Michaud a effectué jusqu'en 1994 un doctorat en biochimie végétale à l'Université Laval et à l'Université de Rouen (France). Il a ensuite joint le *Department of Plant Science* de l'Université de Colombie-Britannique à Vancouver à titre de chercheur-boursier postdoctoral en transgénèse végétale, avant de s'établir à l'Université Laval en 1996, où il effectue depuis des recherches en transgénèse et physiologie du stress chez les plantes. Dominique Michaud enseigne dans les domaines de la physiologie et de la transgénèse végétales. Côté recherche, il a publié une quarantaine d'articles scientifiques sur le thème des plantes transgéniques, et édité récemment un ouvrage collectif spécialisé sur la transgénèse en protection des plantes, auquel ont participé une quarantaine de chercheurs du domaine à l'échelle mondiale. Il prépare actuellement un livre pour le public sur le thème des OGM, à paraître dans quelques mois.

## PLANTES ET ALIMENTS TRANSGÉNIQUES – DES MUTANTS BIEN NATURELS...

Dominique Michaud, agr., Ph.D.

Adapté d'un article paru dans *Le Devoir*, 27 août 2000, page A9

---

Depuis un an ou deux, la controverse entourant les organismes génétiquement modifiés (OGM) s'est amplifiée à tel point que plusieurs d'entre nous hésitent à consommer ces nouvelles choses, connues aussi sous le nom d'aliments transgéniques. Il faut dire que les mots utilisés pour décrire les OGM ne laissent guère place à l'interprétation. On nous parle de bricolage et de tripotage génétique, d'êtres chimériques ou, encore plus troublant pour un néophyte, de mutants et d'aliments Frankenstein. Ainsi les chercheurs qui développent de nouvelles lignées végétales ou animales par transgénèse créeraient des êtres si dangereux pour notre santé et pour l'environnement qu'il faudrait, selon certains, les bannir sur le champ.

Mais jusqu'ici, l'emploi à grande échelle de plantes transgéniques pour l'alimentation animale et l'absence d'évidences scientifiques reproductibles démontrant leur nocivité suggèrent un effet négligeable des OGM sur notre santé comme sur celle des animaux de ferme. Des fourrages transgéniques sont employés depuis plusieurs années en nutrition animale, sans effet négatif notable sur nos animaux. Aucun effet sur les porcs, par exemple, qui dans certaines régions américaines sont nourris d'OGM depuis déjà six ans. Pas encore de porcelets difformes, ni même de baisse de rendement attribuable à une alimentation riche en OGM. Pas d'effet négatif après plusieurs années pour un animal pourvu d'un métabolisme similaire au nôtre, utilisé de surcroît comme modèle pour l'étude de maladies qui nous affligent. Mais pourquoi donc?

### **Glucides, lipides, etc.**

D'un point de vue physiologique, un tel effet négligeable apparaît logique, considérant que nous ingérons et digérons chaque jour des millions de gènes et de protéines. Alors que notre système digestif ne peut dégrader certains composés retrouvés dans notre chaîne alimentaire (par exemple des pesticides), les gènes introduits par transgénèse tout comme le produit de leur expression – des protéines – sont des cibles naturelles pour nos enzymes digestives, au même titre que les sucres ou les lipides desquels nous tirons notre énergie. Lorsque nous dégustons une pomme, des pommes de terre ou de la viande, nous ingérons une panoplie de composés nutritifs, au nombre desquels se trouvent de l'ADN (les gènes) et toutes ces protéines bonnes pour notre santé. Dans un aliment transgénique, nous retrouvons non plus des milliers de gènes mais bien un ou quelques-uns de plus. Et comme un gène code le plus souvent pour une protéine, une plante transgénique parvenue dans notre assiette contiendra non plus quelques centaines de protéines, mais bien une ou quelques-unes de plus.

Il importe d'ailleurs de noter que nous avons tous peut-être ingéré des OGM, bien avant l'apparition des plantes transgéniques au laboratoire. Dans notre environnement, les êtres vivants évoluent et s'échangent de l'information génétique par deux voies universelles: la *reproduction sexuée* et la *transformation génétique*, ou transgénèse. Dans le premier cas, il y a mélange de gènes par échange 'sexuellement compatible' entre deux individus, d'où l'existence bien connue d'une barrière des espèces. Et bien sûr, on ne croise pas un poisson avec une fraise ou une tomate...

Dans le cas de la transgénèse, des gènes sont échangés, plutôt, de façon ‘mécanique’. Des gènes sont ajoutés –ou greffés– au bagage génétique d’un organisme récepteur sans qu’il y ait rapport sexuel. Ce processus, par lequel un organisme transgénique est créé, est un processus universel dans notre environnement, comme le sont les échanges sexués. Des micro-organismes s’échangent des gènes de résistance aux antibiotiques, des bactéries transforment génétiquement nos plantes cultivées et des virus modifient notre propre patrimoine génétique pour assurer leur cycle de répllication.

### **Le petit côté naturel de la transgénèse**

Sur le plan agronomique, les améliorateurs maîtrisent depuis longtemps les concepts de croisement sexué et de sélection, si bien que l’essentiel des produits agricoles que nous consommons aujourd’hui sont le fruit de leurs efforts. Dans le cas de la transgénèse, les progrès actuels dérivent plutôt d’approches développées récemment, désignées collectivement sous le vocable de *génie génétique*. Notre capacité à imiter au laboratoire le processus naturel de transgénèse ne remonte qu’à une trentaine d’années, l’article fondateur du domaine ne datant que de 1973.

Le développement d’OGM *in vitro* s’est accéléré à un rythme soutenu pour contribuer de façon cruciale à la compréhension de processus biologiques complexes, en particulier dans les domaines biomédical et agroalimentaire. Côté appliqué, des bactéries transgéniques sont utilisées depuis plus de vingt ans pour la production d’insuline humaine recombinante et depuis, la plupart des grands groupes d’organismes vivants ont été transformés avec succès pour l’étude de mécanismes fondamentaux ou à des fins appliquées. Au cours des quinze dernières années, des plantes et des animaux de ferme transgéniques ont été développés pour la production de composés utiles, actifs dans l’organisme modifié ou récupérés à des fins médicales ou industrielles.

Les premières plantes transgéniques développées en laboratoire sont apparues pour leur part au début des années 1980, après que le processus de transgénèse naturelle par des bactéries appelées *agrobactéries* eut été élucidé. Dans notre environnement, ces bactéries attaquent une vaste gamme de plantes et les transforment génétiquement en leur insérant des gènes à l’origine d’une maladie appelée galle du collet. De nos jours, la procédure de transgénèse végétale la plus courante est basée sur l’emploi de souches agrobactériennes modifiées par génie génétique, qui peuvent toujours transformer la plante mais qui ne peuvent plus causer les symptômes de galle parce que les gènes normalement intégrés ont été retirés. Les gènes néfastes à la plante sont remplacés par un ou quelques gènes d’intérêt, si bien que la plante modifiée accumule désormais dans ses organes un produit de ces gènes, qu’il s’agisse d’un facteur de résistance aux insectes, d’une protéine à haute valeur nutritive ou d’un plastique biodégradable.

### **Risques théoriques, risques relatifs**

Mais si les risques liés à l’ingestion d’aliments transgéniques apparaissent limités, des effets négatifs possibles ne peuvent être ignorés. En particulier, alors que la plupart des protéines alimentaires sont bénéfiques pour notre santé, certaines sont allergènes même lorsqu’ingérées en faible quantité. Il est bien connu que les allergies alimentaires sont dues à la présence de protéines dans nos aliments qui, parvenues dans notre système digestif, demeurent stables et atteignent notre intestin sous forme entière ou fragmentée. À ce niveau, elles pénètrent dans notre système circulatoire et causent chez certains une réaction allergique parfois violente. Comme

l'étiquetage des OGM n'est pas prescrit au Canada, il est compréhensible que ceux de nos concitoyens qui souffrent d'allergies alimentaires soient craintifs face à la venue des OGM sur le marché. Comment savoir si la pomme de terre retrouvée sur l'étalage devant nous au supermarché contient ou non une protéine de l'arachide s'il n'y a pas d'étiquetage pour les OGM?

Mais d'un point de vue réglementaire, tout produit alimentaire contenant une substance allergène doit être étiqueté, peu importe sa provenance ou le processus par lequel il a été développé. Par conséquent, une plante transgénique modifiée avec un gène encodant une protéine allergène –mais qui commercialisera une telle plante!– devra être identifiée parce qu'il y a un risque démontré pour certains consommateurs, en l'occurrence les gens sujets aux allergies. Et bien que certains prétendent que nous ne connaissons rien aux protéines allergènes, des protocoles sont disponibles pour leur détection et leur analyse, qu'elles soient présentes naturellement dans nos aliments ou introduites par transgénèse. Nous savons qu'à ce jour, nos connaissances sur la structure des protéines demeurent relativement limitées étant donnée la grande complexité du sujet, mais il importe de noter que les protocoles d'analyse utilisés pour l'étude des protéines allergènes se sont avérés efficaces jusqu'ici pour assurer notre protection, peu importe leur provenance.

Enfin, s'il apparaît plausible d'affirmer que certaines applications de la transgénèse sont moins souhaitables que d'autres, nous pouvons aussi supposer, sur la base des connaissances actuelles, que les risques posés pour la santé humaine sont faibles dans la mesure où le gène introduit ne code pas pour une protéine allergène ou toxique. Aussi est-il important de considérer en parallèle toutes les facettes du problème traité par l'application envisagée. En protégeant nos cultures, par exemple, souhaitons-nous ingérer des pesticides indigestibles dont nous devinons facilement les effets négatifs sur notre santé? Ou préférons-nous plutôt ingérer la protéine *Bt*, non allergène, rapidement dégradée par nos enzymes digestives et utilisée de surcroît en agriculture biologique depuis déjà plusieurs décennies? Certains vanteront plutôt les mérites des pesticides dits 'naturels', mais est-il besoin de rappeler que la toxicité de certains de ces composés est plus élevée que celle de plusieurs pesticides de synthèse?

### **Des OGM bénéfiques pour notre santé?**

Et si, par ailleurs, l'ingestion d'OGM s'avérait bénéfique pour notre santé? Si, en plus de permettre une diminution de l'emploi des pesticides de synthèse, des plantes transgéniques pouvaient s'avérer utiles pour la prévention ou le traitement de maladies? Ou encore pour l'élimination de composés indésirables dans nos aliments?

À cet égard, le cas du riz hypoallergène apparaît particulièrement intéressant. Parce que des millions de gens en Asie sont allergiques au riz, des chercheurs ont développé par transgénèse des lignées de riz pauvres en protéine allergène. Or, des tests cliniques réalisés depuis quelques années ont démontré que des sujets allergiques aux lignées non modifiées peuvent ingérer les grains modifiés sans réaction allergique notable, démontrant de manière éloquente le potentiel de la transgénèse pour le développement d'aliments hypoallergènes, qu'il s'agisse d'une culture vivrière comme le riz ou de plantes omniprésentes dans nos produits alimentaires comme les légumineuses ou l'arachide et ses cousines allergènes.

Alors que les OGM commercialisés jusqu'ici sont pour la plupart utiles à la ferme, des OGM d'intérêt plus marqué pour le consommateur feront graduellement leur apparition au cours des prochaines années. Nous pouvons deviner la venue, à plus ou moins brève échéance, d'aliments riches en acides aminés essentiels, de légumes favorisant un faible taux de cholestérol

sanguin, de fruits et de légumes à effet antiviral ou antimicrobien, ou encore de céréales à teneur accrue en vitamine A ou en composés variés nous protégeant de maladies dégénératives comme l'arthrite ou le cancer.

Si le procès actuel des OGM laisse présager un refus à court terme de la transgénèse *in vitro* comme approche d'amélioration des plantes et des animaux, il est possible par ailleurs que les bénéfices à tirer du développement de certains produits transgéniques favorisent une acceptation graduelle et durable du génie génétique dans l'opinion publique. L'attitude réactionnaire de plusieurs de nos concitoyens est souvent liée, ces temps-ci, à la mainmise de certaines compagnies multinationales sur les produits issus des biotechnologies et à des pratiques commerciales parfois douteuses. La concentration des droits légaux entre les mains de quelques compagnies et –selon certains– l'incapacité de nos dirigeants à gérer efficacement ce dossier chaud des OGM sèment l'inquiétude dans la population, inquiétude nourrie de surcroît par une panoplie d'affirmations et d'images fausses ou incomplètes véhiculées depuis un certain temps sur la nature et les risques associés aux OGM. On demande aujourd'hui aux gens de faire un choix sur le devenir des OGM mais des arguments négatifs sont le plus souvent apportés. "*Les OGM, nous dit-on, ne montrent aucune utilité, pourquoi donc prendre des risques?*"

Mais justement, il est à souhaiter que rapidement, nous puissions faire ce choix comme nous le faisons habituellement lorsque nous prenons une décision: en pesant le pour et le contre. Lorsque nous aurons à décider si oui ou non nous voulons consommer des OGM; si oui ou non nous acceptons la transgénèse comme approche d'amélioration utile et complémentaire aux approches employées depuis des décennies, il sera sans doute pertinent de savoir aussi que certains OGM pourraient non seulement être sans danger pour notre santé, mais aussi montrer des qualités nutritionnelles ou prophylactiques insoupçonnées. Il sera peut-être pertinent de se rappeler, aussi, que la transgénèse est un processus, non un produit – par lequel des microorganismes, des plantes ou des animaux sont développés à des fins parfois scientifiques, parfois appliquées. À des fins non souhaitables, sans doute, dans certains cas, mais à des fins souhaitables, peut-être, dans d'autres cas.

JEAN-CLAUDE PANISSET, D.M.V.

Effets cancérigènes ?



**Jean-Claude Panisset**  
**Département de médecine communautaire**  
**Université de Montréal**

Jean-Claude Panisset est consultant en pharmacologie et toxicologie. Il débute sa carrière comme professeur de pharmacologie à l'Université de Montréal. Après plusieurs années d'activités dans l'industrie de la biologie comme directeur de recherche, il retourne à l'Université de Montréal comme professeur de toxicologie de l'environnement s'intéressant surtout aux problèmes de contamination biologique et chimique des aliments. Nommé directeur du Département de Médecine du Travail et Hygiène du Milieu, il est le fondateur du programme du diplôme d'études supérieures en environnement et prévention de l'Université de Montréal. Président fondateur du Conseil des Bio-Industries du Québec en 1990, il est depuis actif à titre d'administrateur dans diverses sociétés reliées au domaine des biotechnologies. Maintenant professeur de l'Université de Montréal, il oeuvre toujours à titre de consultant dans le domaine de l'évaluation des produits issus des nouvelles biotechnologies alimentaires et de leurs risques pour la santé publique.

## LES ORGANISMES GÉNÉTIQUEMENT MODIFIÉS ET L'ALIMENTATION : ÉVENTUELLE TOXICITÉ, CANCÉROGÈNESE?

J.C. PANISSET D.M.V., PH.D.

Les applications des techniques biotechnologiques ont fait naître bien des espoirs et suscité autant de craintes, ce qui est le fait d'ailleurs de toute innovation scientifique et technologique. Les espoirs résident dans l'amélioration des techniques de diagnostic dans le domaine de la santé humaine et animale, la mise au point de nouveaux produits (vaccins, médicaments, aliments) et de nouvelles approches thérapeutiques.

En alimentation les OGM, ont des apports peu négligeables qui sont entre autres : l'amélioration des qualités organoleptiques des aliments et de leur valeur nutritive, une meilleure conservation des produits et une amélioration des procédés de fabrication du pain, du vin, de la bière, des produits laitiers par des enzymes produites par des bactéries génétiquement modifiées.

Les craintes les plus marquées sont relatives aux éventuelles modifications de l'espèce humaine, à la dissémination volontaire ou accidentelle des OGM dans l'environnement et à la question des transferts de gènes entre espèces.

A côté de l'imaginaire collectif, il existe quelques risques réels à la santé reliés au potentiel allergénique des nouvelles protéines, au développement de l'antibiorésistance, par l'utilisation d'antibiotiques marqueurs et à l'éventuelle toxicité d'aliments transgéniques impropres, issus par exemple de plantes transgéniques résistantes aux herbicides pouvant engendrer des résidus et métabolites toxiques ou encore, l'introduction de gènes stimulant la production par les plantes de substances endogènes indésirables et toxiques.

Au Canada, comme dans tous les pays industrialisés de l'OCDE, l'évaluation de l'innocuité des aliments génétiquement modifiés est basée sur la comparaison de ces aliments nouveaux, aux aliments traditionnels équivalents, quant à la composition, la quantité des éléments nutritifs, les interactions et les effets toxiques possibles à long terme. Cette approche est ainsi utilisée parce que le potentiel toxique des nouveaux aliments n'est pas différent de celui des aliments traditionnels qui se sont avérés sans problèmes au cours des années.

A date, avec un recul de cinq ans d'expérience, on peut affirmer qu'il n'y a aucune évidence scientifique publiée dans des revues réputées, démontrant que les nouveaux aliments ne sont pas moins sécuritaires que les aliments traditionnels.

Toutefois, le peu d'information scientifique et surtout le manque de recul dont on dispose sur l'ensemble des risques potentiels sur la santé et sur l'environnement, associés au développement des aliments génétiquement modifiés, imposent le principe de précaution. Le lien entre la santé humaine et la consommation des OGM est devenu un sujet assez

préoccupant pour les populations surtout en Europe où la crise de la vache folle a réactivé les interrogations et les doutes quant à la qualité des produits et à leurs méthodes d'obtention. Un mouvement de suspicion s'est développé chez certains consommateurs vis-à-vis des aliments issus des manipulations génétiques. Ceux-ci désirent que ces aliments soient clairement identifiés avec une indication 'avec OGM ou Aliment transgénique'. Le niveau d'appréhension est largement influencé par la couverture médiatique et les informations véhiculées autour de la question des OGM. La perception du risque revêt donc une importance considérable, car elle constitue la seule vérité dont dépendra l'acceptabilité ou la non acceptabilité d'un risque. Ce qui est vraiment malheureux dans un contexte caractérisé par des controverses au sein de la communauté scientifique, est que l'on assiste à une perte de confiance grandissante du public dans les institutions gouvernementales et la grande industrie alors que la pertinence des risques pour la santé et l'environnement reste difficile à démontrer.

Une chose est certaine : Il est absolument nécessaire d'augmenter le nombre d'informations sérieuses sur les biotechnologies destinées au grand public. Ce que l'on voit malheureusement dans la majorité des médias, ce sont des formules chocs, des images qui frappent, des mots qui affolent. Il est évident que la communication du risque est un art souvent méconnu des médias. Ainsi la perception du public, souvent pressé et peu enclin à la réflexion, s'en ressent.

La méfiance du public face à un développement technologique rapide et incessant est compréhensible. Les scientifiques et les professionnels de la santé ont donc la responsabilité de démystifier la nature du produit issu du génie génétique et les gouvernements se doivent de mettre en place des dispositifs très rigoureux pour bien encadrer le développement des biotechnologies.

Certains de ces dispositifs sont déjà en place depuis longtemps comme l'évaluation de l'inocuité des aliments avant leur mise en marché; il faut penser également au développement des connaissances fondamentales dans cette science nouvelle des modifications génétiques des aliments par le développement de nouveaux programmes de recherche universitaire. Enfin il faudra prévoir la mise sur pied d'un programme de surveillance pour la détection précoce des effets adverses inattendus, ce qui constitue un défi intéressant pour les épidémiologistes.

MARC FORTIN, PH.D.

---

La position d'organismes reconnus en  
santé publique face aux aliments  
génétiquement modifiés

## Plantes, génétique et OGMs

Dr. Marc G. Fortin  
Directeur, Département de  
phytologie, Université McGill  
mfortin@nrs.mcgill.ca

Directeur, Réseau de recherche en  
productivité végétale

---

---

---

---

---

---

---

---

## Plantes et génétique

- Chaque plante contient entre 25,000 et 50,000 gènes.
- Des combinaisons de gènes forment des milliers de phénotypes
- OGMs: environ une douzaine de gènes nouveaux
- 92% des OGM n'ont que deux phénotypes

---

---

---

---

---

---

---

---

## Caractéristiques introduites

- Résistance aux herbicides  
– (plants “Roundup Ready”)
- Résistance aux insectes  
– (“plants B.t.”)

---

---

---

---

---

---

---

---

### Modifications à venir:

- **Aliments à haute teneur en vitamines (A et E)**
- **aliments à gras moins saturés**
- **aliments à protéines plus équilibrées**
- **plantes plus performantes pour le producteur, ou à intrants réduits.**

---

---

---

---

---

---

---

---

### Risques:

- **Pour les médicaments, la personne qui assume le "risque" est aussi la personne qui reçoit les bénéfices.**
- **Pour les aliments, il y a dissociation entre la personne qui prend les risques et celle qui reçoit les bénéfices.**

---

---

---

---

---

---

---

---

### Principes de réglementation:

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>● <b>Équivalence substantielle:</b></li><li>- absence d'évidence d'effets délétères;</li><li>- i.e.: l'aliment est essentiellement le même</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>● <b>Principe de précaution:</b></li><li>- évidence d'absence d'effets délétères;</li><li>- i.e.: l'aliment ne cause pas d'effets délétères.</li></ul> |
|--|--|

---

---

---

---

---

---

---

---

## Gestion du risque:

- Équivalence subst.
- Précaution

– régulateur doit établir qu'il n'y a pas d'indications que le produit pose un risque

– régulateur doit établir que le produit ne pose pas un risque

---

---

---

---

---

---

---

---

## Gestion de la *perception* du risque

- Équivalence subst.
- Précaution

– La perception est que l'aliment est essentiellement le même.

– La perception est que l'aliment est différent.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Étiquetage

- Un outil d'information pour permettre au consommateur de faire des choix

- Est contradictoire à une approche de réglementation basée sur l'équivalence substantielle

---

---

---

---

---

---

---

---

Systeme:

- Vérifiable

- fiable

- transparent

---

---

---

---

---

---

---



teneur en vitamines aura été accrue. Un exemple particulièrement intéressant est celui d'un riz enrichi en fer et en vitamine A. On estime à 4 milliards le nombre de personnes qui souffrent d'une carence en fer et à 400 millions le nombre de ceux dont le régime alimentaire actuel est déficient en vitamine A. Si le fait de consommer un tel riz enrichi peut contribuer à enrayer pareilles carences alimentaires, ce serait là un progrès fort notable pour l'humanité. Toute une panoplie de modifications visant à améliorer la composition en protéines, en sucres ou en huiles de diverses plantes sont en cours et promettent de fournir des aliments répondant mieux aux besoins humains. La liste des modifications apportées est tellement longue qu'il serait impossible d'en dresser une liste exhaustive ici.

À cet égard, il importe de rappeler que les plantes, contrairement à des croyances fort répandues, ne constituent pas des aliments « idéaux » ou « parfaits ». Elles n'ont pas évolué dans le but de rencontrer les besoins alimentaires des humains. Elles ont une forme, un goût et une composition qui se sont développés d'abord et avant tout en fonction d'assurer leur survie dans le milieu naturel (qui n'est pas celui qu'on retrouve dans un champ cultivé). Quand vient le temps d'exploiter ces « ressources naturelles » pour notre alimentation, il aura presque toujours été nécessaire de procéder à des sélections très rigoureuses et à des travaux d'amélioration génétique en vue de les mieux adapter à nos besoins. Et inversement, les êtres humains que nous sommes n'avons pas eu des milliers d'années d'évolution pour nous adapter au régime alimentaire que nous connaissons présentement. En effet, en Occident, notre alimentation a été complètement transformée au cours de quelques dizaines à quelques centaines d'années tout au plus, une période infime sur le plan de l'évolution. En conséquence, il ne faudrait pas s'étonner qu'il soit souhaitable et parfois nécessaire de modifier la composition des plantes dont nous tirons notre alimentation afin de mieux rencontrer nos besoins du moment. Personne et rien d'autre ne le fera à notre place !

Bien sûr, de nombreuses applications touchant également les conditions de production des plantes sont aussi en voie de développement. Il existe par exemple de nombreuses recherches en cours pour rendre les plantes plus résistantes aux stress (sécheresse, froid, salinité). Nous avons tous entendu parler des fraises et des tomates que l'on veut rendre plus résistantes au froid par l'introduction d'un gène qui code pour une protéine antigèle en provenance du flétan. Dans un climat comme le nôtre, un allongement très significatif de la saison de culture pourrait être obtenu si on pouvait prémunir les plantes des effets dévastateurs de certaines gelées qui surviennent soit tôt en saison ou encore hâtivement à l'automne.

D'autres travaux très prometteurs ont aussi récemment été réalisés à l'Université de Toronto en vue de produire des plantes capables de mieux supporter la sécheresse. Des plantes nécessitant moins d'eau pour leur croissance présenteraient des avantages considérables dans de nombreuses régions du globe où l'eau représente une importante contrainte à la production agricole. À l'aube d'un siècle où on prévoit que l'eau constituera une denrée stratégique et une possible source de conflits, le développement de plantes résistantes à la sécheresse ou simplement moins gourmandes en eau constitue une perspective fort intéressante.

Finalement, il existe des travaux qui visent à exploiter les plantes en tant qu'usines pour fabriquer des médicaments et d'autres produits pharmaceutiques (vaccins, anticorps, produits sanguins). Bien qu'on n'ait connu aucun « scandale » alimentaire au Canada d'une gravité et d'une ampleur comparables aux incidents de la vache folle et de la dioxine qui ont déferlé sur l'Europe ces dernières, nous avons tout de même été touchés par le problème du sang contaminé. Une partie du problème provient du fait que notre approvisionnement en sang ou en certains produits sanguins (comme les facteurs de coagulation dont ont besoin les hémophiles) provient exclusivement des dons de sang du public. Si des donateurs sont porteurs d'un virus (le VIH ou celui de l'hépatite par exemple), le risque d'une transmission existe. La production dans des plantes de certains produits sanguins est possible et présente l'énorme avantage que nous ne partageons aucun pathogène avec les plantes. C'est-à-dire qu'aucun virus pathogène chez l'humain n'est capable d'infecter une plante et inversement. Il en découle que les plantes pourraient s'avérer un milieu extrêmement sécuritaire pour produire de telles substances.

En somme, la transgénie permet de modifier les plantes afin de rencontrer de nombreuses attentes. Quelques fois, il serait possible d'atteindre le même objectif en ayant recours aux méthodes dites traditionnelles. Bien souvent par contre, cela n'est pas possible et la transgénie constitue la seule technologie dont nous disposons à l'heure actuelle pour arriver à certaines fins. C'est donc une technologie qui porte en son sein des potentialités considérables mais qui, compte tenu de sa nouveauté, suscite également des interrogations sur les conséquences ou dangers éventuels.

### **Conséquences et dangers possibles de la transformation génétique.**

La principale conséquence de la transformation génétique d'une plante est évidemment l'ajout d'un bagage génétique additionnel. Bien que ce ne soit pas là la seule conséquence possible, il s'agit de loin de la plus importante et c'est celle que nous examinerons le plus en

profondeur. Ce nouveau gène qui, rappelons-le, peut provenir de n'importe quel organisme vivant va entraîner la production d'une nouvelle protéine dans la plante. C'est au niveau des impacts potentiels de cette protéine que se posent de nombreuses questions : Présente-t-elle des risques pour l'alimentation humaine ou animale? Tous ont sans doute entendu parler des fameuses études sur les rats qui auraient souffert de consommer des pommes de terre transgéniques (celles du Dr. Pusztai en Écosse). Est-ce qu'elle risque de susciter des allergies alimentaires? Y aura-t-il des impacts néfastes sur la flore ou la faune qui cohabitent avec la plante transgénique? etc. Il y aura lieu de considérer les conséquences possibles de l'introduction de chaque type de plante transgénique qui sera proposé. De nombreuses questions légitimes restent en suspens et plusieurs des conférenciers d'aujourd'hui aborderont ces questions.

C'est, à notre avis, au niveau des impacts environnementaux qu'il y a cependant lieu d'exercer une vigilance accrue. En effet, la diversité et la complexité des conséquences pouvant découler de l'introduction d'une plante transgénique dans l'environnement sont assez considérables. Comment en effet tester expérimentalement toutes les interactions possibles entre une plante transgénique et la multitude d'organismes vivants (oiseaux et autres animaux, autres plantes, insectes, microbes etc.) qui entreront éventuellement en contact avec cette plante ?

On a aussi beaucoup fait mention du danger de « pollution génétique », la possibilité qu'une plante transgénique « contamine » l'environnement via son pollen, lequel peut servir à transmettre le transgène à des espèces voisines de plantes. Bien qu'un tel danger existe formellement, il faut faire très attention de ne pas tomber dans le piège de la généralisation à l'ensemble des plantes de situations qui sont particulières à certaines d'entre elles.

Un excellent exemple concerne l'introduction récente de cultivars résistants à certains herbicides. En soi, comme nous l'avons mentionné plus haut, l'idée d'employer un seul herbicide à large spectre sur une culture rendue tolérante peut sembler fort attrayante à plusieurs points de vue dont celui de l'environnement. Mais quelles peuvent être les conséquences d'une telle pratique? Comparons les situations chez deux cultures: le colza et le maïs. Dans le premier cas, il existe plusieurs mauvaises herbes qui sont apparentées au colza et on peut aisément craindre que ces mauvaises herbes n'acquièrent (via la pollen de la culture transgénique) le gène qui leur permettrait de devenir résistantes à l'herbicide en question. La propagation rapide de mauvaises herbes devenues résistantes à un herbicide pourrait éventuellement être lourde de conséquences. Dans le cas du maïs, un tel problème ne se poserait pas au Canada en raison de l'absence de plantes apparentées avec

lesquelles de tels échanges génétiques pourraient se produire. Ainsi, deux applications de la même technologie pourraient avoir des conséquences tout à fait distinctes en raison des particularités de chaque espèce en cause.

Devant cette multitude de situations particulières qui rendent difficiles, voire impossibles, les généralisations sur la base de quelques cas concrets, nous croyons qu'il faut avoir davantage recours à diverses formes de « confinement biologique ». En particulier, le simple fait de rendre impossible (ou très, très, très improbable) le transfert du transgène via le pollen contribuerait grandement à atténuer les risques environnementaux qui peuvent se rattacher à la culture des plantes transgéniques. Or, depuis bientôt deux ans, il a été montré en laboratoire qu'il est possible de produire des plantes transgéniques répondant à ce critère. Le recours volontaire (ou obligatoire s'il le faut) à de telles technologies pourrait ainsi contribuer à réduire de façon significative ces risques dont on arrive mal à anticiper toutes les formes et toutes les ramifications.

### **Conclusions et perspectives d'avenir.**

Comme nous l'avons montré, les plantes transgéniques en sont à leur premiers balbutiements en tant que plantes cultivées. Il faut voir en la transgénie une forme nouvelle de l'amélioration génétique, un processus qui a contribué depuis toujours à modifier le bagage génétique des plantes et animaux dont nous tirons notre alimentation. En effet, la transformation génétique des plantes n'est qu'une nouvelle technique de modification génétique qui s'ajoute à l'arsenal déjà employé par les améliorateurs depuis longtemps. Il s'agit néanmoins d'une avancée technologique importante puisqu'elle permet d'aller puiser des caractéristiques utiles chez toute créature vivante grâce au caractère universel de l'ADN.

Cette nouvelle possibilité de réaliser de l'ingénierie génétique au niveau des plantes ouvre la voie à des progrès importants mais également à des problèmes nouveaux sur lesquels il faudra certes se pencher. Ces problèmes potentiels ne sont souvent pas propres ou imputables uniquement à la technologie elle-même ; ce sont plutôt les diverses applications de celle-ci qui devront être scrutées attentivement. La gamme extraordinaire des modifications maintenant rendues possibles à l'aide des plantes transgéniques ne peut qu'assurer à celles-ci une place croissante dans toute agriculture moderne mais exigera en même temps une vigilance constante par rapport aux conséquences, bonnes ou mauvaises, qu'elles pourront entraîner.

DANIEL CHEZ, MAPAQ

---

Lois et règlements au Québec  
et au Canada

**Daniel Chez**

**Directeur, Biotechnologies et Changements Climatiques  
Agriculture, Pêcheries et Alimentation**

10 ans d'expériences à titre de chercheurs scientifique ; en phytopathologie et en recherche systémique sur les systèmes de production agricole pour le M.A.P.A.Q.

15 ans gestionnaire de recherche: directeur de la coordination scientifique et technique, directeur d'un centre de recherche en phytotechnie et directeur de la recherche au M.A.P.A.Q.

Depuis l'an dernier, directeur des biotechnologies et des changements climatiques pour le M.A.P.A.Q.



**NSERC/SSHRC CHAIR PROGRAM 1999-2004**

# **Managing Knowledge- based Agri-food Development**

**Working Paper 3:**

## **Labeling for GM Foods: Theory and Practice**

**Peter W.B. Phillips**

Van Vliet Chair Professor  
Department of Agricultural Economics  
University of Saskatchewan  
Saskatchewan

**Heather Foster**

MSc Candidate  
Agricultural Economics  
University of

May 2000

(Draft paper for the ICABR Conference in Ravello, Italy, August 2000)

Extrait de

(...)

**Tableau 2 : État des règlements nationaux sur l'étiquetage des aliments transgéniques \*\***

États	Étiquettes	Portée	Entrée en vigueur
Australie et Nouvelle-Zélande	O	Étiquetage de tous les aliments et des ingrédients issus, à l'exception des aliments raffinés, des sucres, des arômes, épices et saveurs si la concentration est inférieure à 0,1 % et des aliments préparés au point de vente.	28 juillet 2000
Argentine	V	Données non disponibles	s.o.
Canada	V	En cours d'élaboration	2000 ou 2001
Chine	O	Projet de loi sur l'étiquetage obligatoire à l'étude	s.o.
République tchèque	O	Tous les produits ou ingrédients d'origine transgénique	s.o.
Éthiopie	O	Tous les produits	s.o.
UE	O	Dir. 90/220 : exige l'étiquetage de tous les aliments et sous-produits contenant des OGM; aucune tolérance établie	1990
	O	Règ. 258/97 : tolérance de 1 %; étiquetage obligatoire des aliments; aucun règlement sur la chymosine, les additifs ou les aliments pour animaux	15 mai 1997
	O	Adoption officielle d'un seuil de tolérance de 1%	1 <sup>er</sup> avril 2000
	O	Règ. 1139/98 : règles particulières pour le soja et la semoule	26 mai 1998
Royaume-Uni	O	Inclut la nourriture vendue dans les épiceries et les restaurants; ne couvre pas les additifs, les aromatisants et la nourriture mise en vente avant le 1 <sup>er</sup> septembre 1998	1 <sup>er</sup> mars 1999
Irlande, Espagne, France	O	Prévoient l'étiquetage des additifs et des agents de conservation transgéniques	s.o.
Autriche	O	Opposée à l'étiquetage; réclame l'interdiction complète des aliments transgéniques	s.o.
Hongrie	O	Produits contenant ou dérivés des OGM (excluant les aliments pour animaux et les aliments nouveaux)	1 <sup>er</sup> juillet 1999
Indonésie	O	Règlements proposés	s.o.
Japon	O	Aliments produits au pays et importés à l'exception des additifs et des aliments pour animaux	1 <sup>er</sup> avril 2001
		Politique d'étiquetage obligatoire de 24 aliments transformés ou semi transformés à partir du soja ou de maïs.	13 juillet 2000
Mexique	O	Le Sénat a approuvé une loi exigeant que l'étiquette des aliments transgéniques porte la mention « transgénique » ou « fabriqué à partir de produits transgéniques »	s.o.
Pologne	O	Respecte les règlements CE 219/90 et 220/90	s.o.
Russie	V	Envisage l'étude ou la promotion de l'utilisation de récoltes transgéniques pour les aliments pour animaux	s.o.
Afrique du Sud	O	Une nouvelle loi est proposée pour 2002	2002
Corée du Sud	O	Maïs, soja et germes de soja transgéniques	Mars 2001



Suisse	O	Respecte les règlements CE 219/90, 220/90 et 90/679	s.o.
Thaïlande	O	Données non disponibles	s.o.
États-Unis	V	Les aliments transgéniques doivent être « substantiellement équivalents » les exportateurs respecteront les normes de l'UE	2000?
Remarque : O = Obligatoire; V = Volontaire			

\*\* adapté des travaux de Phillips and Foster

Extrait de « NSERC/SSHRC CHAIR PROGRAM 1999-2004 ;Managing Knowledge-based Agri-food Development ; Working Paper 3: Labeling for GM Foods: Theory and Practice; Peter W.B. Phillips and Heather Foster, University of Saskatchewan ;May 2000 ;(Draft paper for the ICABR Conference in Ravello, Italy, August 2000)

(...)

### Règles d'étiquetage dans l'industrie privée

**Tableau 3 : Mesures d'étiquetage planifiées ou adoptées par les chaînes de vente au détail de produits alimentaires**

	<b>Marché cible</b>	<b>Produits non transgéniques visés</b>
<b>Carrefour</b>	France	Produits maison
<b>(Shoprite) Checkers</b>	Afrique du Sud	Ne retirera pas les produits transgéniques
<b>Delhaize</b>	Belgique	Tous les produits
<b>Edeka retail association</b>	Allemagne, République Tchèque, Danemark, France Pologne	Tous les produits
<b>Effelunga</b>	Italie	Tous les produits
<b>Iceland Group</b>	Royaume-Uni	Produits maison (y compris les colorants et aromatisants artificiels)
<b>Loblaws</b>	Ontario, Canada	Contre la ségrégation des produits transgéniques
<b>Marks &amp; Spencer</b>	Royaume-Uni	Produits maison (~1 800 produits), <0,1 % de tolérance
<b>Migros</b>	Suisse	Tous les produits
<b>Northern Foods</b>	Royaume-Uni	Tous les produits (ou étiquettes), à l'exception des dérivés
<b>Park N'Shop</b>	Hong Kong	Produits maison (~600 produits)
<b>Pick n Pay</b>	Afrique du Sud	Ne retirera pas les produits transgéniques
<b>Sainsbury's</b>	Royaume-Uni	Tous les produits
<b>Somerfield</b>	Royaume-Uni	Tous les produits
<b>Superquinn</b>	Irlande	Tous les produits
<b>Tesco</b>	Royaume-Uni	Tous les produits; favorise les aliments non transgéniques pour animaux
<b>UK Co-op</b>	Royaume-Uni	Les oeufs doivent provenir de poules dont l'alimentation ne contient pas d'éléments transgéniques
<b>Waitrose</b>	Royaume-Uni	Produits maison
<b>Walmart (ne. Asda)</b>	Royaume-Uni	Produits maison
<b>Whole Foods Mkt. Inc.</b>	É.-U. (Texas)	Tous les produits
<b>Wild Oats Mkts. Inc.</b>	É.-U. (Colorado)	Tous les produits
<b>Woolworths</b>	Afrique du Sud	Cherchera à remplacer les produits transgéniques, ou étiquettes

**Tableau 4 : Mesures d'étiquetage planifiées ou adoptées par les entreprises de transformation des aliments**

	<b>Marché</b>	<b>Produits transgéniques visés</b>
<b>Barilla</b>	Italie	A fait savoir à la Commission canadienne du blé qu'elle ne voulait pas de blé dur transgénique
<b>Bestfoods Deutschland</b>	Allemagne	Ne veut pas de produits transgéniques
<b>Danone</b>	Europe	A fait savoir à la Commission canadienne du blé qu'elle ne voulait pas de blé dur transgénique
<b>FritoLay</b>	Mondial	N'achèterait que du maïs non transgénique
<b>Gerber</b>	Mondial	A retiré les ingrédients transgéniques de ses marques d'aliments pour bébé
<b>Grupo Maseca</b>	Mexique	A retiré la farine de maïs transgénique de ses tacos
<b>Heinz</b>	Mondial	A retiré les ingrédients transgéniques de ses marques d'aliments pour bébé
<b>Heinz</b>	UE	A retiré les tomates transgéniques de ses produits maison
<b>Japanese Nat. Tofu Manufacturer</b>	Japon	A fait savoir qu'elle retirerait le soja transgénique de ses produits de tofu
<b>Japanese Oilseed Processors</b>	Japon	A fait savoir qu'elle est contre la ségrégation des produits transgéniques
<b>Kellogg's</b>	Europe	A retiré la maïs transgéniques des Cornflakes
<b>Kibun Food Chemifa Co.</b>	Japon	Remplace l'huile de maïs transgénique par du sucre isomérique dans ses produits
<b>Kikkoman</b>	Japon	Adopte le soja organique pour sa sauce soya maison
<b>Kirin</b>	Japon	Retire le maïs transgénique de ses produits maison
<b>Kraft</b>	Europe	Retire les aliments transgéniques de tous ses produits maison
<b>McCain Foods</b>	Canada	N'achètera que des pommes de terre non transgéniques pour ses frites; continuera d'acheter de l'huile de colza pour la cuisson
<b>Midwest Foods</b>	Canada	N'achètera que des pommes de terre non transgéniques pour ses frites
<b>M&amp;M Bars</b>	Europe	Retire tous les aliments transgéniques de ses produits maison
<b>Nabisco</b>	Europe	A fait savoir à la Commission canadienne du blé qu'elle ne veut pas de graines transgéniques
<b>Nestle</b>	Europe	Retire les aliments transgéniques de ses produits maison dans la mesure du possible; étiquette tous ses produits maison comportant des ingrédients transgéniques
<b>Nippon</b>	Japon	Remplace l'amidon de maïs transgénique par de l'amidon de blé
<b>Nisshin Flour Milling Co.</b>	Japon	Remplace le maïs et le soja par des produits de blé
<b>Perdue Chicken</b>	É.-U.	Se prépare à n'utiliser que des aliments pour animaux non transgéniques
<b>Pillsbury</b>	Europe	Retire les aliments transgéniques de tous ses produits maison
<b>Quaker</b>	Europe	Retire les aliments transgéniques de tous ses produits maison
<b>Sapporo (brasseur)</b>	Japon	Recherche du maïs non transgénique
<b>Seagram (distillateur)</b>	Mondial	Recherche du maïs non transgénique
<b>Taihei Co.</b>	Japon	Étiquette un produit de sauce soya non transgénique
<b>Unilever</b>	Europe	A fait savoir à la Commission canadienne du blé qu'elle ne veut pas de graines transgéniques
<b>Warburtons (fabricant de pain)</b>	Royaume-Uni	A fait savoir à la Commission canadienne du blé qu'elle ne veut pas de graines transgéniques
<b>Yan Wai Yun (sauce soya)</b>	Thaïlande	Tous ses produits maison sont étiquetés « sans OGM »

**Tableau 5 : Mesures d'étiquetage mises en oeuvre par les chaînes de restaurants**

	<b>Marché cible</b>	<b>Produits non transgéniques visés</b>
Burger King (É.-U.)	É.-U.	Pommes de terre
Burger King (R.-U.)	R.-U.	Tous les ingrédients et peut-être les dérivés
Domino Pizza (R.-U.)	R.-U.	Tous les ingrédients et peut-être les dérivés
McDonalds (R.-U.)	R.-U.	Tous les ingrédients et peut-être les dérivés
Wagamama	R.-U.	Tous les produits et additifs
Wimpy (R.-U.)	R.-U.	Tous les ingrédients et peut-être les dérivés

Il serait peut-être utile de mentionner que les entreprises ont de nombreuses raisons pour ne pas recourir aux OGM ou pour adopter l'étiquetage. Certaines d'entre elles ont probablement pris cette décision parce qu'elles croyaient que le consommateur a le droit de savoir. La plupart d'entre elles cependant ont pris cette décision pour des raisons purement commerciales. Quelle que soit sa motivation, la société Iceland Foods, par exemple, a accru sa part du marché au détail au Royaume-Uni et a vu ses profits augmenter considérablement après qu'elle eut déclaré qu'elle n'aurait plus recours aux OGM. Il est probable que le consortium de détaillants de l'UE qui a emboîté le pas cherchait aussi à augmenter sa part de marché. Les détaillants qui se sont ralliés plus tard étaient au moins sur la défensive, car une fois qu'une partie du marché s'était déclarée sans OGM, le risque d'isolement augmentait. On pourrait dire la même chose de nombreuses entreprises de transformation et de chaînes alimentaires. Les entreprises de ces secteurs ont été lentes, voire hésitantes, à adopter l'étiquetage ou à rejeter les OGM. Malgré leurs convictions profondes en faveur du marché privé, très peu de firmes se sont publiquement opposées à l'étiquetage ou à l'élimination des éléments transgéniques de leurs produits. Au début de l'an 2000, un mouvement a vu le jour aux États-Unis, où un consortium de 30 groupes d'investissement a fait parvenir des résolutions par procuration à 19 grandes entreprises de restauration, d'alimentation, d'épicerie et de grains leur proposant de cesser d'utiliser ou de produire des aliments transgéniques (USA Today, 2000). Bien que celles de ces résolutions qui ont dû être soumises au vote aient été rejetées au milieu de mai 2000, il est trop tôt pour dire si cet activisme de la part d'actionnaires forcera les entreprises américaines à s'engager davantage dans le débat sur les OGM.

(...)