



**S
I
V
E**

Conseil de la science et de la technologie

OGM **et alimentation humaine :** impacts et enjeux pour le Québec



Conseil de la science et de la technologie

1200, route de l'Église, 3^e étage, bureau 3.45
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4Z2

Téléphone : (418) 644-1165
Télécopieur : (418) 646-0920

Cet avis est disponible dans le site Web du Conseil de la science et
de la technologie
<http://www.cst.gouv.qc.ca>

Révision linguistique

Bernard Audet

Édition

Transcontinental Litho Acme-Renaissance

Conception graphique

Bruno Balatti Design

Illustration

Bertrand Lachance

Impression

Imprimerie Le Laurentien

© Gouvernement du Québec
Dépôt légal 2002
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
ISBN : 2-550-38650-7

15 janvier 2002

Monsieur David Cliche
Ministre délégué à la Recherche, à la Science et à la Technologie
Gouvernement du Québec
Québec

Monsieur le Ministre délégué,

Conformément aux dispositions des articles 15.12 et 16 de la Loi sur le ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie, j'ai l'honneur de vous transmettre l'avis *OGM et alimentation humaine : impacts et enjeux pour le Québec*, du Conseil de la science et de la technologie.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Ministre délégué, l'expression de ma haute considération.

La présidente,
Hélène P. Tremblay

REMERCIEMENTS

Nous souhaitons dans un premier temps remercier monsieur David Cliche, ministre délégué à la Recherche, à la Science et à la Technologie, monsieur Maxime Arsenault, ministre de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et monsieur André Boisclair, ministre de l'Environnement, de la confiance qu'ils ont témoignée à l'endroit du Conseil en lui confiant ce mandat.

Nous désirons exprimer notre profonde gratitude aux membres du comité de pilotage pour l'attention constante et minutieuse qu'ils ont accordée à chacune des versions qui leur ont été soumises. Les sessions de travail ont été riches d'enseignement et fécondes sur le plan scientifique. Par ailleurs, nous tenons à signaler que le Conseil assume l'entière responsabilité de la version finale de l'avis. Les membres du comité étaient : mesdames Louise Dandurand et Thérèse Leroux, messieurs Guy De Bailleul, André Delisle, Marc Fortin, Martin Godbout, François Levac, Jeremy McNeal et François Pothier (voir annexe).

Nos remerciements s'adressent également aux membres du Conseil de la science et de la technologie. Ils ont suivi l'évolution du document avec diligence et confiance. Par leurs propositions et commentaires, ils ont directement contribué à construire un texte qui se veut cohérent, respectueux des faits recensés, soucieux d'impartialité et utile à la démarche que pourrait entreprendre le gouvernement du Québec au cours de l'année qui vient.

Notre reconnaissance envers les membres de l'équipe de chercheurs du secrétariat est infinie. Elle était composée de madame Diane Duquet et de messieurs Daniel Lebeau, Louis Fortier et Richard Blanchette, sous la coordination exemplaire de monsieur Alain Bergeron.

Madame Monique Blouin, bibliotechnicienne, de même que mesdames Hélène Lafrance et Marie-Claude Laprise, secrétaires de direction, méritent également nos remerciements.

Préambule

En juin dernier, trois ministres du gouvernement québécois, le ministre de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, le ministre de l'Environnement et le ministre délégué à la Recherche, à la Science et à la Technologie, par l'entremise de ce dernier, confiaient au Conseil de la science et de la technologie, un double mandat : d'une part, dresser un bilan des connaissances scientifiques sur les organismes génétiquement modifiés (OGM) destinés à l'alimentation humaine, en insistant sur leurs incidences sanitaires et environnementales, et, d'autre part, définir les enjeux qui en découlent pour le Québec. L'avis devait être remis avant le 21 décembre 2001.

Réaliser ce mandat s'est révélé en cours de route périlleux : d'une part, les connaissances disponibles et scientifiquement éprouvées sont encore très fragmentaires et provisoires; d'autre part, le sujet est hautement médiatisé et fait l'objet d'une controverse, non seulement au sein de la société civile, mais également au sein même de la communauté scientifique. Le délai accordé a aussi rendu la tâche ardue, durant une période où articles, synthèses et rapports se sont succédé à un rythme effréné, venant parfois modifier les conclusions préliminaires auxquelles le Conseil aboutissait.

Dans ce contexte, le Conseil a tenu à respecter son mandat de manière aussi stricte que possible. Tout au long du document, sauf intentionnellement dans la dernière section, il a cherché à demeurer impartial, à éviter toute interprétation ou prise de position en regard des conclusions livrées dans la littérature. Sa démarche méthodologique est rigoureusement conforme à celle en usage lors de la rédaction de ses avis antérieurs : une équipe interne au secrétariat a rédigé un projet d'avis, sous la supervision d'un comité de pilotage composé de neuf experts québécois; le projet a été soumis aux membres du Conseil qui l'ont approuvé avec modifications, notamment dans la section finale.

Deux modifications au mandat avaient été obtenues en cours de réalisation. L'échéance a été reportée au 15 janvier 2002. Et il a été possible d'exclure les animaux génétiquement modifiés. Cette omission devra éventuellement être corrigée mais peut être tolérée du fait qu'aucun organisme de ce règne n'a encore été autorisé au Canada. D'autres lacunes apparaîtront au lecteur particulièrement intéressé par le sujet. Ainsi, ni les plantes destinées à l'alimentation animale, ni les micro-organismes n'ont été traités, non plus que la production d'OGM lorsqu'envisagée sous l'angle des pays les plus pauvres. Même les sujets formellement abordés ont subi un traitement inégal. Les nuances requises n'ont pas toujours été apportées au moment de traiter des impacts sanitaires et environnementaux, notamment eu égard aux différences qui surgissent entre les espèces cultivées. Par dessus tout, le chapitre consacré aux considérations sociales et éthiques offre une couverture très limitée du vaste chantier qu'un pareil sujet entraîne. Le lecteur notera en revanche que la nouvelle Commission (québécoise) de l'éthique de la science et de la technologie reprendra ce thème dès l'hiver 2002 pour lui consacrer un avis entier.

Aux yeux du Conseil, le présent rapport se situe à l'intérieur d'une démarche gouvernementale qui devra accorder une large place à l'information, à la consultation et à la participation du public. Pareil exercice portera inévitablement sur différentes dimensions liées à la consommation, à l'étiquetage et au développement de nouveaux OGM. Le Conseil ne formule donc qu'une seule recommandation, à la toute fin de l'avis; elle est conçue de façon à ne pas préjuger du résultat qui sera obtenu et propose des repères à cette fin.

En terminant, rappelons que les conclusions auxquelles est arrivé le Conseil sont éphémères. Le recensement de la littérature s'est arrêté à la mi-décembre. De nombreuses études sont en cours, dont la parution serait imminente, aux dires d'experts consultés. Leurs conclusions pourraient modifier substantiellement les résultats apparaissant ci-après. De toute manière, elles n'épuiseront pas le sujet: recherches supplémentaires et veille systématique seront deux variables centrales à traiter au cours des prochaines années.

Au nom de tous les membres du Conseil, nous souhaitons que cet avis réussira à atteindre l'objectif fixé : faire progresser le débat de manière rigoureuse et constructive.

Hélène P Tremblay
Présidente

Suzanne D'Annunzio
Secrétaire générale

Table des matières

REMERCIEMENTS	v
Préambule	vii
Introduction	1
Chapitre 1	
Les OGM : de quoi parle-t-on?	5
1.1 Ce que veut dire « génétiquement modifié »	5
1.2 Comment fabrique-t-on des OGM?	8
1.3 Pourquoi modifier génétiquement des organismes?	11
1.4 Les OGM dans l'alimentation	13
1.5 Recherches en cours	15
1.6 Points saillant du chapitre 1	17
Chapitre 2	
Les impacts des OGM alimentaires sur la santé humaine et sur l'environnement : ce qu'on en sait	21
2.1 Un domaine de recherche encore peu exploré	21
2.2 Les risques potentiels pour la santé humaine	25
2.2.1 Remarques préliminaires	25
2.2.2 Risques liés aux effets connus du gène d'intérêt	26
2.2.3 Effets pléiotropiques	30
2.2.4 Effets attribuables au gène marqueur	33
2.3 Les risques environnementaux potentiels	34
2.3.1 Risques de modification de la rhizosphère et transfert de gènes aux bactéries du sol	36
2.3.2 Risque de diffusion indésirable des végétaux transgéniques dans l'environnement	37
2.3.3 Risques liés aux flux de gènes des cultures transgéniques	38
2.3.4 Risque d'apparition d'insectes résistants aux insecticides	41
2.3.5 Risque d'effets négatifs sur la biodiversité	43
2.4 Bénéfices potentiels pour la santé et l'environnement	45
2.5 Points saillants du chapitre 2	47
Chapitre 3	
Quelques aspects économiques des OGM	51
3.1 Production de cultures transgéniques dans le monde	51
3.2 OGM et production agricole au Québec	54
3.3 Profitabilité des OGM	56
3.4 L'industrie biotechnologique et la R-D privée	59
3.5 La R-D dans le secteur public	63
3.6 Points saillants du chapitre 3	70

Chapitre 4	
La réglementation gouvernementale des OGM	73
4.1 Le contexte international	73
4.2 L'Union européenne	77
4.2.1 Approbations environnementales	77
4.2.2 Approbation de nouveaux aliments	81
4.3 Les États-Unis	82
4.3.1 Approbations environnementales	83
4.3.2 Approbation de nouveaux aliments	84
4.4 Le Canada	85
4.5 Étiquetage et traçabilité	89
4.6 Le Québec	94
4.7 Points saillants du chapitre 4	96
Chapitre 5	
Quelques considérations sociales et éthiques	99
5.1 Préambule	99
5.2 Perceptions de la population	99
5.2.1 Au Québec et au Canada	99
5.2.2 À l'étranger	104
5.2.3 En résumé	106
5.3 Considérations éthiques	106
5.3.1 Le concept d'éthique	107
5.3.2 Principales questions d'ordre éthique	107
5.4 Faits saillants du chapitre 5	113
CONSTATS, ENJEUX ET RECOMMANDATION	115
Présentation	115
Constats et observations	115
Enjeux pour le Québec	119
Recommandation	125
ANNEXES	127
Mandat du ministre	127
Membres du Conseil de la science et de la technologie	128
Membres du comité de pilotage	130
Glossaire	132
Bibliographie	140
Sigles et acronymes	173
Liste des tableaux	176
Liste des graphiques	178

Introduction

En juin 2001, M. David Cliche, ministre délégué à la Recherche, à la Science et à la Technologie sollicitait de la part du Conseil de la science et de la technologie un avis sur les OGM (organismes génétiquement modifiés). Dans une lettre rédigée en concertation avec ses collègues, le ministre de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation, et le ministre de l'Environnement du Québec, le ministre de la Recherche faisait état des interrogations du gouvernement du Québec à l'égard des risques, tant environnementaux que sanitaires, qui sont liés à la production et à la diffusion des OGM dans le domaine bioalimentaire. Il requérait que « *le Conseil, en matière de production, de circulation et de consommation de végétaux et d'animaux génétiquement modifiés, dresse un état général des connaissances actuelles et des enjeux pour le Québec, en attachant une attention prioritaire aux incidences possibles de ces activités sur la santé et sur l'environnement* » (voir le mandat en annexe).

En acceptant ce mandat, le Conseil était conscient du fait que cette question soulève de très importants débats partout dans le monde : l'ampleur et la complexité de la question contribuent à entretenir une controverse permanente qui rend très difficile la prise de décision pour les pouvoirs publics. Aussi le questionnement du gouvernement du Québec à propos des OGM se pose-t-il dans d'autres pays industrialisés et, de plus en plus, dans les pays en voie de développement. De nombreuses instances consultatives et plusieurs groupes d'experts dans différents pays ont reçu des mandats similaires à celui du Conseil, au cours des dernières années.

Un examen des documents et rapports publiés sur la question montre bien la difficulté de la tâche. D'abord, même si une évaluation scientifique de l'impact des OGM, quant aux risques sanitaires et environnementaux, constitue l'angle d'attaque le plus répandu de ces rapports, on se rend compte que les conclusions qui sont tirées de l'état des connaissances ne font pas l'unanimité dans les milieux scientifiques eux-mêmes.

De plus, il devient rapidement évident que le débat sur les OGM déborde clairement la sphère du savoir scientifique et porte sur des considérations d'ordre économique, social et éthique. Il serait très difficile, voire impossible, de faire abstraction de ces aspects, même dans un avis portant principalement sur des questions scientifiques. C'est que l'état actuel des connaissances dans ce domaine, comme on le verra au chapitre 2, n'est pas suffisant pour qu'il soit possible de statuer de façon rigoureuse sur l'innocuité des OGM, tant pour la santé humaine que pour l'environnement. Dans ces conditions, les pouvoirs publics ne peuvent pas espérer s'appuyer uniquement sur la science pour prendre des décisions éclairées sur le sujet.

Dans les quelques mois qui lui ont été accordés pour formuler cet avis, le Conseil de la science et de la technologie n'a pas été en mesure de fournir une couverture exhaustive du sujet. Tel que son mandat le lui prescrivait, il a d'abord voulu se concentrer sur ce qu'on sait actuellement des OGM dans le domaine bioalimentaire et particulièrement sur les risques qu'ils représentent, tant sur la santé humaine que sur l'environnement. En cours d'exécution, il a obtenu l'accord du ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie (MRST) pour ne traiter, faute de temps, que des végétaux

génétiquement modifiés, excluant ainsi les animaux. En revanche, d'autres aspects essentiels ont été intégrés, quoique beaucoup plus sommairement. La dimension économique et industrielle de la production et de la diffusion des OGM a retenu l'attention. Le Conseil s'est aussi intéressé à la façon dont d'autres pays traitent la question des OGM, ainsi qu'aux dispositifs législatifs, réglementaires et administratifs qui ont été mis en place à cette fin. Il s'est également penché sur certaines considérations d'ordre social et éthique.

Les objectifs de cet avis sont donc les suivants :

- 1) Expliquer le concept d'OGM et sa portée : décrire la nature et la composition d'un OGM, la démarche scientifique qui en permet la construction, les caractéristiques propres aux organismes déjà en circulation, de même que les sujets sur lesquels portent les recherches en cours dans le monde. C'est là l'objet du premier chapitre, qui sera complété en annexe par un glossaire des principaux termes utilisés.
- 2) Fournir une synthèse de l'état des connaissances scientifiques sur les impacts des végétaux génétiquement modifiés destinés à la consommation humaine sur la santé et sur l'environnement. C'est l'objectif du chapitre 2.
- 3) Réaliser un survol de la littérature disponible se rapportant aux dimensions économiques des végétaux génétiquement modifiés, dont celles concernant leur production et leur distribution, dans le monde et particulièrement au Québec.
- 4) Donner un aperçu de la recherche et développement dans le domaine, surtout au Québec, de même que des ressources scientifiques qui y sont consacrées. Le chapitre 3 présente les résultats obtenus pour les troisième et quatrième objectifs.
- 5) Rapporter les principaux moyens et dispositifs mis en place par les pouvoirs publics à travers le monde pour gérer la question des OGM, sur le plan législatif et réglementaire. Le chapitre 4 cherche à atteindre cet objectif et consacre une courte section à la question de l'étiquetage.
- 6) Rassembler l'information disponible quant aux perceptions et attentes de la population à l'égard des OGM, au Québec et ailleurs, de même que les considérations d'ordre éthique qui découlent de la littérature pertinente. Le chapitre 5 effleure les deux sujets, notamment en ce qui concerne le premier, par une brève analyse des sondages disponibles les plus récents.
- 7) Formuler les principaux enjeux qui découlent des constats tirés des chapitres précédents et proposer des lignes directrices générales au gouvernement du Québec en matière de gestion des OGM à des fins alimentaires. Cet objectif est atteint dans la dernière section de l'avis, intitulée Constats, enjeux et recommandation.

Tout en considérant les délais (six mois) impartis et les attentes spécifiques du ministre, la méthode de travail retenue par le Conseil suit rigoureusement la démarche employée dans la production de ses avis antérieurs. Cette méthode comprend :

- La constitution d'un comité de pilotage formé de neuf experts (leurs noms apparaissant en annexe);
- Une revue d'ouvrages généraux, de synthèses scientifiques et d'articles de recherche sur la nature des OGM, les techniques et les procédés de la transgénèse, ainsi que sur leurs impacts sur la santé et l'environnement;
- L'analyse de multiples rapports nationaux et internationaux qui ont paru depuis quelques années sur la question;
- La consultation d'experts additionnels à ceux du comité de pilotage, pour des aspects complémentaires. Ainsi, afin de s'assurer de la qualité de la couverture bibliographique de l'avis, notamment celle portant sur les chapitres 3 et 4, des rencontres ont été organisées avec des représentantes et des représentants des quatre organisations suivantes : le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ), le ministère de l'Environnement du Québec (MENV), l'Institut national de la santé publique du Québec (INSPQ) et l'Office de la protection du consommateur (OPC).

Le comité de pilotage s'est réuni à cinq reprises, les 17 septembre, 22 octobre, 22 novembre, 29 novembre et 13 décembre 2001. Son rôle a consisté à conseiller le CST pour la production de l'avis. Le Conseil assume la responsabilité pleine et entière de la version finale de l'avis.

Enfin, contrairement à d'autres commissions ou conseils qui ont été appelés à se prononcer sur la question au cours des dernières années, le Conseil n'avait pas le mandat de piloter ou d'encadrer un débat public dans le cadre de ses travaux.



Les OGM : de quoi parle-t-on?

1.1 Ce que veut dire « génétiquement modifié »

Cette première section vise à présenter un certain nombre de notions de base à propos de la modification génétique. Ces notions sont en effet essentielles pour comprendre l'impact des OGM (organismes génétiquement modifiés) sur la santé humaine et sur l'environnement.

Définition des OGM

Les OGM sont des organismes, c'est-à-dire des plantes, des animaux, ou des micro-organismes. Une partie de leur patrimoine génétique (ou génome¹) a été altérée à l'aide de la biotechnologie, dans le but de leur attribuer une ou des caractéristiques nouvelles. Ils deviennent ainsi différents des organismes à l'état naturel.

L'expression OGM ne s'est imposée que depuis une dizaine d'années. Elle est utilisée surtout dans le domaine de l'alimentation, mais des modifications génétiques de plantes, d'animaux et de micro-organismes se font dans bien d'autres sphères d'activité, comme la pharmacologie et la production de matériaux industriels. Les OGM destinés à la consommation alimentaire sont ceux qui soulèvent en ce moment les débats les plus passionnés à travers le monde.

Universalité du langage génétique

Chez tous les êtres vivants (animaux, plantes, bactéries et plusieurs familles de virus), l'information nécessaire au développement de l'organisme et à sa reproduction se trouve stockée dans une même substance, l'**ADN** (acide désoxyribonucléique). L'universalité du langage génétique rend possible la production d'OGM, c'est-à-dire le transfert de gènes d'une espèce à une autre.

Les gènes

Les **gènes** sont des segments d'ADN qui portent les instructions nécessaires à l'expression d'un ou plusieurs caractères (voir encadré et schéma). Quels que soient le règne ou l'espèce, tous les gènes sont composés de la même substance chimique. Les instructions qu'ils contiennent sont en principe transportables d'un organisme à un autre. Ainsi, un caractère codé génétiquement, par exemple une résistance au froid ou à certains virus, peut être transféré d'une plante à une autre, ou d'un animal à un végétal.

La transgénèse

La technologie de la **transgénèse** consiste à insérer un gène étranger dans le génome d'un organisme, de façon à ce que cet organisme acquière de nouvelles caractéristiques. C'est ce qui produit un OGM, c'est-à-dire un organisme dont le génome a été altéré par transgénèse.

1. Les termes techniques utilisés dans ce rapport sont définis dans le glossaire en annexe.

DE L'ADN AUX OGM

Une compréhension de plus en plus fine de la façon dont se produit, à l'échelle moléculaire, la synthèse des protéines, permet à l'être humain d'intervenir dans ce processus et de faire apparaître « sur mesure » des caractéristiques différentes ou nouvelles chez différents organismes vivants.

Dans une molécule d'ADN, l'information génétique est codée dans un « langage » chimique de quatre **bases azotées** : l'adénine (A), la cytosine (C), la guanine (G) et la thymine (T). Ces bases sont reliées par paires : l'adénine se lie avec la thymine et la cytosine avec la guanine. Chaque base est soutenue par une armature formée d'un sucre et d'un phosphate. L'ensemble base-sucre-phosphate constitue ce qu'on appelle un **nucléotide**. C'est l'enchaînement de ces nucléotides en deux rubans interreliés, enroulés l'un autour de l'autre, qui forme la longue structure en double hélice caractéristique de l'ADN. Un gène est composé de nucléotides (entre quelques milliers et plus d'un million).

L'ADN se retrouve dans chaque cellule d'un organisme vivant (à l'exception des globules rouges). Chez les plantes et les animaux, cette molécule est enfermée dans le noyau. Associée à des protéines, elle se distribue en blocs complexes appelés **chromosomes**. Tous les organismes d'une même espèce ont le même nombre de chromosomes; il y a, par exemple, 23 paires de chromosomes chez l'être humain.

Dans chaque chromosome, on retrouve un certain nombre de gènes. En s'activant (on dit : « en s'exprimant »), chaque gène fournit les instructions nécessaires à la synthèse de protéines, matériaux constituant les tissus vivants. Bien que l'ensemble des chromosomes soient présents dans chacune des cellules de l'organisme, tous les gènes ne sont pas exprimés partout.

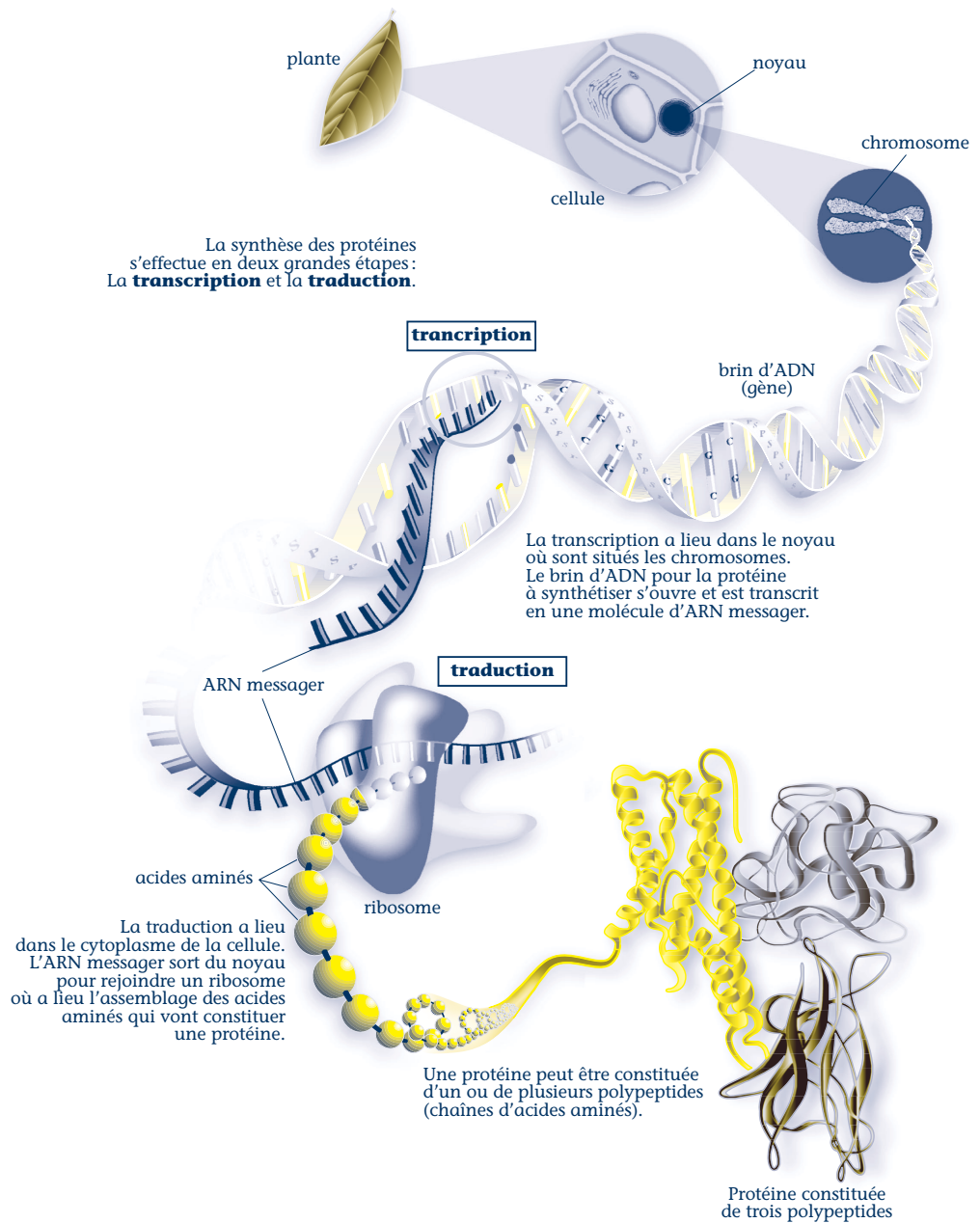
Une **protéine** est un polypeptide (séquence plus ou moins longue d'acides aminés) ou une molécule formée de plusieurs polypeptides. Les protéines peuvent jouer différents rôles dans la constitution ou le métabolisme des organismes, comme éléments de structure, comme enzymes, comme hormones, comme anticorps, etc.

Pour fabriquer une protéine particulière (ou un des polypeptides entrant dans la composition d'une protéine), la séquence de nucléotides du gène qui contient les instructions nécessaires est d'abord transcrite dans une molécule d'**ARN** (acide ribonucléique). C'est ce qu'on appelle la **transcription**. L'ARN dit « messenger » achemine ensuite les instructions à l'extérieur du noyau, dans le cytoplasme de la cellule. C'est là qu'ont lieu la lecture des instructions et la synthèse du polypeptide par assemblage des molécules d'acides aminés. Ce processus s'appelle la **traduction**.

Le système de codage permettant la transcription et la traduction est universel. Il y a toujours la même correspondance entre les séquences de nucléotides de l'ADN² et les acides aminés constituant les protéines synthétisées à partir de cet ADN. C'est ainsi qu'un organisme peut être modifié en ajoutant ou en soustrayant des séquences de nucléotides, à différents endroits de la molécule d'ADN.

2. On parle bien de l'ADN présent dans le noyau de la cellule. Il y a aussi de l'ADN dans d'autres parties de la cellule, les mitochondries, dont le code génétique présente certaines différences.

La synthèse des protéines



La modification génétique provoque un changement recherché dans l'organisme. Par exemple, un soya pourra résister à un herbicide. Une tomate se conservera plus longtemps. De telles caractéristiques dépendent de la présence de certaines protéines particulières dans un organisme, et donc de la présence du ou des gènes qui en assureront la fabrication.

Maïs Bt

Un exemple connu est celui du maïs Bt, dont plusieurs variétés sont cultivées depuis 1996 au Canada et aux États-Unis. Bt est l'abréviation de *Bacillus thuringiensis*, une bactérie du sol qui produit naturellement de grandes quantités d'une substance insecticide, la protéine « cristal » (Cry) ou toxine Bt. Les toxines Bt sont utilisées comme biopesticides en agriculture depuis des décennies. Le maïs Bt est un maïs qui a été modifié génétiquement pour produire lui-même la toxine et devenir ainsi résistant à différents insectes ravageurs comme la pyrale du maïs, un lépidoptère parasite. L'opération de transgénèse a consisté à introduire dans le génome de la plante le gène de la bactérie Bt qui permet la synthèse de la toxine.

La transgénèse pourrait en théorie introduire tout trait génétique appartenant à un organisme dans un autre organisme. Elle n'est pas limitée par les barrières d'espèces ou de règnes.

1.2 Comment fabrique-t-on des OGM?

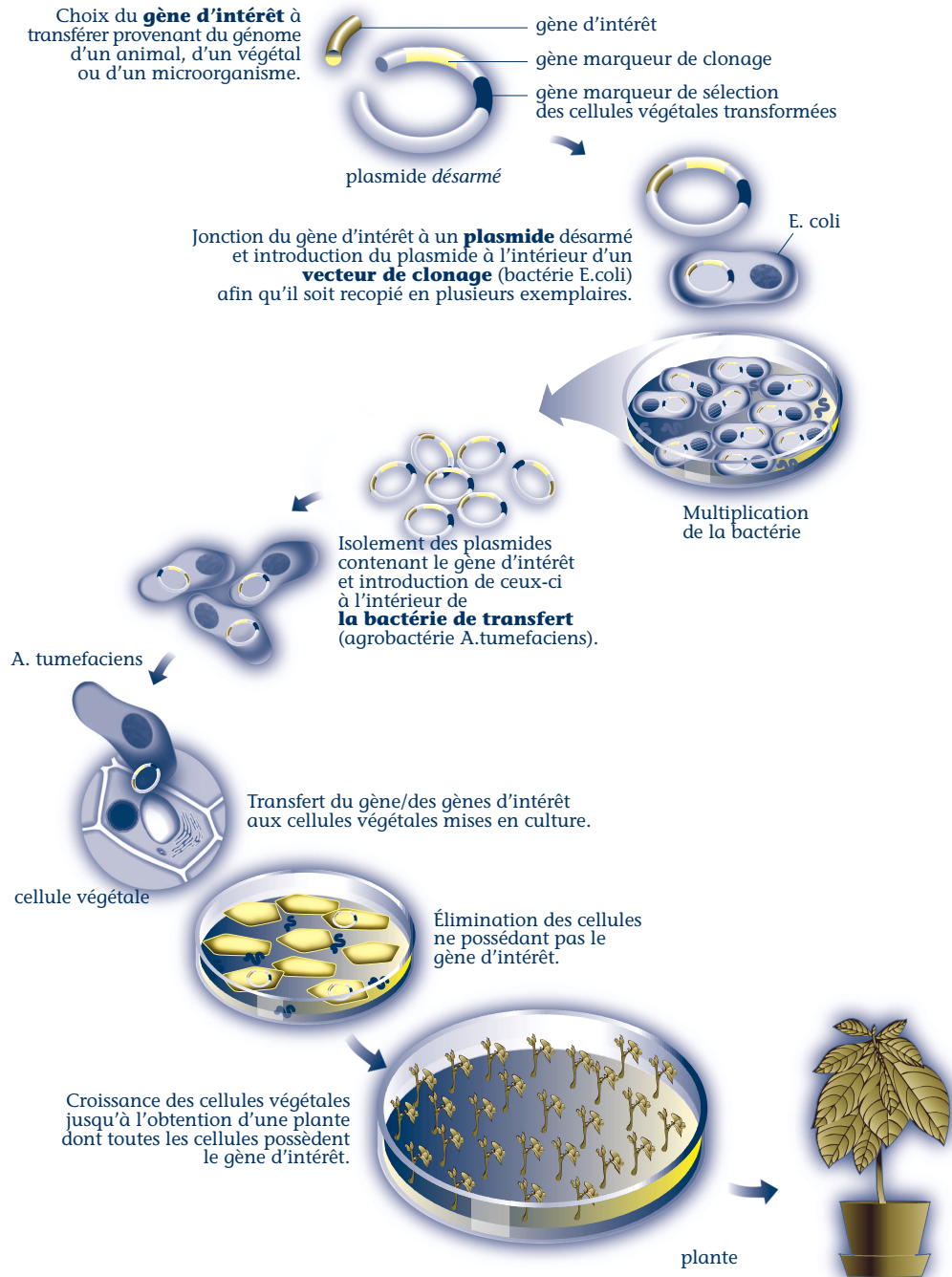
Principales étapes de la transgénèse

La transgénèse fait appel à des techniques complexes³. Ces techniques — qu'on ne peut décrire en détail ici — sont différentes pour les plantes et pour les animaux. Globalement, les étapes de la transgénèse sont les suivantes (voir schéma) :

- 1) Un **gène d'intérêt**, soit la séquence de nucléotides codant le caractère désiré, est sélectionné. Ce gène peut provenir du génome d'un animal, d'un végétal ou d'un micro-organisme. Ou encore, il peut être synthétique.
- 2) Le gène est purifié, puis inséré dans une construction génétique qui comprend habituellement, un promoteur et un ou deux gènes marqueurs (voir plus bas). Il devient ainsi un **transgène**.
- 3) La construction génétique ainsi obtenue est multipliée, puis introduite dans des cellules hôtes.
- 4) La transgénèse ne réussit que dans un tout petit nombre de cas (un taux de succès de 1 % ou moins n'est pas rare). Aussi faut-il identifier et sélectionner au moyen d'un test les cellules où le gène a pu s'intégrer au génome de l'organisme.

3. Par exemple, l'utilisation d'enzymes de restriction comme outils de fragmentation de la molécule d'ADN, la multiplication des brins d'ADN par PCR (réaction de polymérisation en chaîne), la combinaison de segments d'ADN de provenance différente (**ADN recombinant** ou ADN_r), la préparation de vecteurs tels que plasmides ou phages (virus parasitaires) pour effectuer le transfert de gènes, des tests de sélection pour repérer les cellules où le transfert a réussi (typiquement : un test de résistance à un antibiotique ou à un herbicide), le clonage de cellules génétiquement modifiées, etc.

Un exemple de transgénèse végétale



La construction génétique	Ce n'est donc pas uniquement le gène d'intérêt lui-même qui est transféré, mais une construction génétique qui comprend d'autres séquences de nucléotides ayant différentes fonctions, notamment le promoteur, le marqueur et le vecteur.
Le promoteur	Le promoteur est une séquence de nucléotides qui déclenche la lecture des instructions contenues dans le gène. Les gènes ont leur promoteur naturel, mais il arrive souvent qu'on intègre à certains gènes de la construction génétique un promoteur différent qui permet d'exercer un contrôle sur l'expression du gène.
Le gène marqueur	Le marqueur sert à discriminer les cellules qui auront incorporé le gène d'intérêt de celles qui ne l'auront pas incorporé. Pendant longtemps, les marqueurs ont été des gènes codant pour une résistance à des antibiotiques. Au terme du processus de transgénèse, ce type de marqueur confère une capacité de défense aux cellules où le transfert a réussi. Ces cellules sont celles qui survivent à une exposition à l'antibiotique correspondant.
Le vecteur d'insertion ou de transfert	La construction génétique introduite dans une cellule vivante est transportée par un vecteur à l'intérieur du noyau, ce qui facilitera son intégration aux autres gènes de l'organisme ⁴ . Chez les plantes, on exploite le plus souvent les propriétés infectieuses de bactéries ou de virus pour introduire le gène d'intérêt dans le noyau de la cellule.
Les plasmides	Un des vecteurs les plus utilisés en transgénèse végétale est un plasmide de la bactérie <i>Agrobacterium tumefaciens</i> qui déjà, à l'état naturel, transfère son information génétique dans le génome de ses hôtes. Les plasmides sont des molécules d'ADN circulaires qui se répliquent indépendamment des chromosomes bactériens. Chez les bactéries du sol (agrobactéries), l'infection d'une plante débute par le transfert de leur plasmide dans les cellules végétales. En transgénèse, on met à profit cette propriété particulière des agrobactéries en utilisant leurs plasmides comme vecteurs de transfert.
Autres procédés	Pour les plantes qui ne peuvent être infectées par <i>Agrobacterium</i> , comme le maïs, il faut utiliser un procédé dit de <i>biolistique</i> , comme le pistolet à gènes (<i>gene gun</i>), qui permet de bombarder les cellules avec des particules de métal inerte (ou microbilles) sur lesquelles on aura fixé l'ADN à transférer. Un autre procédé, l' <i>électroporation</i> , permet d'introduire l'ADN dans le noyau de la cellule à la faveur d'un choc électrique qui rend temporairement la membrane poreuse.
Étapes subséquentes	L'intégration du gène d'intérêt ne réussit que dans un nombre restreint de cas. Une fois sélectionnées les cellules devenues transgéniques, il faut encore tester leur stabilité, les faire croître et se multiplier sur plusieurs générations. Les cellules des plantes sont totipotentes; en principe, n'importe laquelle de ces cellules, dans un milieu nutritif approprié, peut générer une nouvelle plante entière. Une cellule transgénique devient donc une plante transgénique, qui porte le transgène dans toutes ses cellules, y compris bien sûr ses cellules sexuelles. Croisées entre elles, les plantes transgéniques donneront des graines ou des semences qui seront à leur tour transgéniques. La nouvelle culture fera l'objet d'expérimentations en champ. Parfois, on voudra hybrider la plante transgénique obtenue — un maïs ou un soya, par exemple — avec une autre variété vedette ou « d'élite » déjà cultivée, à des fins d'améliorations

4. Dans le cas de la transgénèse animale, le transfert de la construction génétique se fait par micro-injection dans des œufs ou encore des cellules souches embryonnaires.

génétiques supplémentaires. Avant d'en arriver à l'étape de la commercialisation, l'OGM devra être soumis à un dispositif de contrôle et d'approbation gouvernemental. Il s'écoule donc souvent de nombreuses années, après la réussite de la transgénèse initiale, pour que l'OGM entre dans le circuit de l'alimentation humaine.

Transgénèse sans gène étranger

Les opérations de transgénèse ne se font pas toutes par l'insertion dans un organisme d'un gène de provenance étrangère. Dans certains cas, la modification porte sur un gène déjà présent dans l'organisme, qu'on remplace par une copie modifiée du même gène, ou encore par une partie du gène original. Ce fut le cas de la tomate Flavr Savr, produite à la fin des années 1980 et commercialisée par la société Calgene en 1994; le ramollissement naturel du fruit s'en trouvait ralenti en cours de mûrissement. Certaines recherches actuelles visent à enrayer les effets allergènes des noix comme les arachides en identifiant puis en supprimant ou en neutralisant les gènes qui en sont responsables.

1.3 Pourquoi modifier génétiquement des organismes?

Une sélection artificielle vieille de plusieurs milliers d'années

Le changement génétique est un phénomène naturel qui est à la base de l'évolution et de la biodiversité. Depuis des milliers d'années, l'être humain pratique lui-même certaines formes de modification génétique, orientant le développement de nombreuses espèces à des fins alimentaires ou autres (animaux de compagnie, fleurs ornementales, etc.) grâce à des croisements successifs dirigés. Un très grand nombre de variétés nouvelles destinées à l'élevage et à la culture sont ainsi apparues au cours de l'histoire. La majorité des aliments consommés aujourd'hui sont l'aboutissement d'une sélection qui les rend très différents de leurs formes sauvages d'origine.

Hybridation classique et transgénèse

Les progrès récents des connaissances ont permis de mieux comprendre la transmission génétique et la synthèse des protéines. De nouvelles techniques d'hybridation ont été développées sur des bases scientifiques. La transgénèse compte au nombre des techniques de production de variétés animales et végétales. Par rapport aux techniques classiques d'hybridation, elle a comme spécificité de franchir plus facilement la barrière des espèces éloignées, ce qui élargit considérablement l'éventail de gènes disponibles pour la production de nouvelles lignées.

Tableau 1 :
Comparaison entre l'hybridation classique et la transgénèse

Points de comparaison	Hybridation classique	Transgénèse
Nombre de gènes transférés	Une dizaine de milliers de gènes parmi lesquels se trouvent le ou les gènes d'intérêt	Un ou quelques gènes d'intérêt dans une construction génétique
Choix des caractéristiques à transmettre	Limité à la compatibilité sexuelle (confiné à l'intérieur d'une espèce)	Illimité en principe (franchit la barrière des espèces)
Temps pour stabiliser la nouvelle variété	10 à 20 ans ou plus	3-4 ans

Applications agricoles

La gamme des espèces génétiquement modifiées actuellement sur le marché est restreinte. Dans le domaine agroalimentaire, une première génération d'OGM comprend un nombre limité de plantes. Les modifications génétiques visent à solutionner principalement des problèmes pratiques que rencontrent les producteurs. Celles qu'on retrouve chez les plantes autorisées au Canada à des fins alimentaires sont les suivantes :

- **Résistance à des insectes** : la modification génétique provoque la synthèse de protéines qui sont toxiques pour certains insectes (exemples : maïs Bt et coton Bt).
- **Tolérance à des herbicides** : la modification génétique protège la plante contre un herbicide puissant qui est utilisé contre les autres plantes (ex. : le soya transgénique résistant à l'herbicide au glyphosate Roundup).
- **Résistance à certains pathogènes** : la modification génétique permet à la plante de lutter contre des bactéries, des virus ou des champignons (ex. : deux variétés de la courge Yellow-Crookneck sont résistantes à des virus).

Transgénèse et recherche scientifique

Des modifications génétiques d'organismes sont effectuées pour d'autres fins que l'alimentation. Les recherches dans les disciplines scientifiques fondamentales que sont la biochimie, la biologie moléculaire, la génétique et la génomique, produisent les connaissances de base nécessaires à la manipulation génétique. Ce sont de grandes utilisatrices d'OGM. La transgénèse permet d'obtenir des indications sur la fonction des gènes, dont le fonctionnement normal s'étudie mieux lorsqu'il est perturbé. Elle permet également d'obtenir des animaux modèles pour l'étude de maladies. Elle aide à mieux comprendre le métabolisme végétal, ou à disséquer les mécanismes de l'infection.

Applications médicales

Dans le secteur biomédical, des applications multiples de la transgénèse ont été explorées depuis une dizaine d'années : virus modifiés pour fabriquer des vaccins, bactéries modifiées pour synthétiser l'insuline humaine, « plantes-usines » cultivées pour fabriquer des produits du sang (comme le facteur coagulant nécessaire aux hémophiles), etc. Le lait, l'urine, le sperme d'animaux transgéniques produisent des hormones de croissance ou encore des protéines destinées au traitement de certaines maladies. La transgénèse contribue également à l'étude de maladies dégénératives, telles que la tremblante du mouton, la maladie dite de la vache folle ou encore la maladie de Creutzfeldt-Jakob.

Applications en sylviculture

En sylviculture, plusieurs espèces d'arbres transgéniques font actuellement l'objet d'expériences dans une vingtaine de pays. Sont visées une amélioration de la résistance à des agents pathogènes ou la modification de la fibre. Pour les arbres destinés à la pâte à papier, certains travaux cherchent notamment à réduire la lignine, en vue de pouvoir recourir à des modes de transformation moins polluants.

Applications industrielles

Des animaux et des plantes transgéniques peuvent aussi être utilisés à des fins de production industrielle. Ces applications des OGM se retrouvent dans le domaine biopharmaceutique et dans la production de certains biomatériaux, tels que des substituts du plastique. Dans le domaine de la protection de l'environnement, des OGM végétaux ou bactériens sont utilisés pour absorber les métaux et d'autres polluants du sol.

1.4 Les OGM dans l'alimentation

Aucun animal transgénique autorisé

Jusqu'ici, aucun animal transgénique n'a été approuvé pour l'alimentation humaine. Toutefois, une première demande concernant la commercialisation d'un saumon transgénique à croissance accélérée a été déposée à la Food and Drug Administration (FDA) américaine par une compagnie canadienne. Ce poisson produit de plus fortes concentrations de l'hormone de croissance, ce qui l'amène à croître en taille et en poids jusqu'à six fois plus vite qu'un saumon d'élevage ordinaire.

Bactéries modifiées à des fins alimentaires

Certaines bactéries ont également été génétiquement modifiées pour produire des substances qui seront utilisables dans l'alimentation, comme des colorants, des additifs ou des essences. C'est le cas de la chymosine, une enzyme essentielle à la fabrication de certains fromages et qui est produite par une bactérie génétiquement modifiée.

Les OGM sont surtout des plantes

À l'heure actuelle, les OGM du domaine alimentaire sont essentiellement des plantes. Et quatre d'entre elles représentent 99 % des surfaces de cultures transgéniques existant dans le monde : le soya, le maïs, le coton⁵ et le colza.

**Tableau 2 :
Principales cultures transgéniques dans le monde, 2000**

Plantes transgéniques	Surface cultivée dans le monde (millions d'hectares)	% de l'ensemble des cultures transgéniques	% de la production totale de cette (ces) plante(s)
Soya	25,8	58,4	36
Maïs	10,3	23,3	7
Coton	5,3	12	16
Colza (canola)	2,8	6	11
Total	44,2	99,7	16

Source : Clive James, *Global Status of Commercialized Transgenic Crops, 2000*, ISAAA Briefs n° 21, Preview.

À travers le monde, en 2000, les cultures transgéniques occupaient 16 % des superficies totales consacrées à la culture du soya, du coton, du colza et du maïs. Le soya comptait pour près de 36 % du total correspondant. Quant au colza transgénique, le Canada était responsable de plus de 61 % de la production mondiale en 1999.

5. Le coton est cultivé pour d'autres raisons (textile), mais l'huile qui en est extraite est utilisée dans l'alimentation.

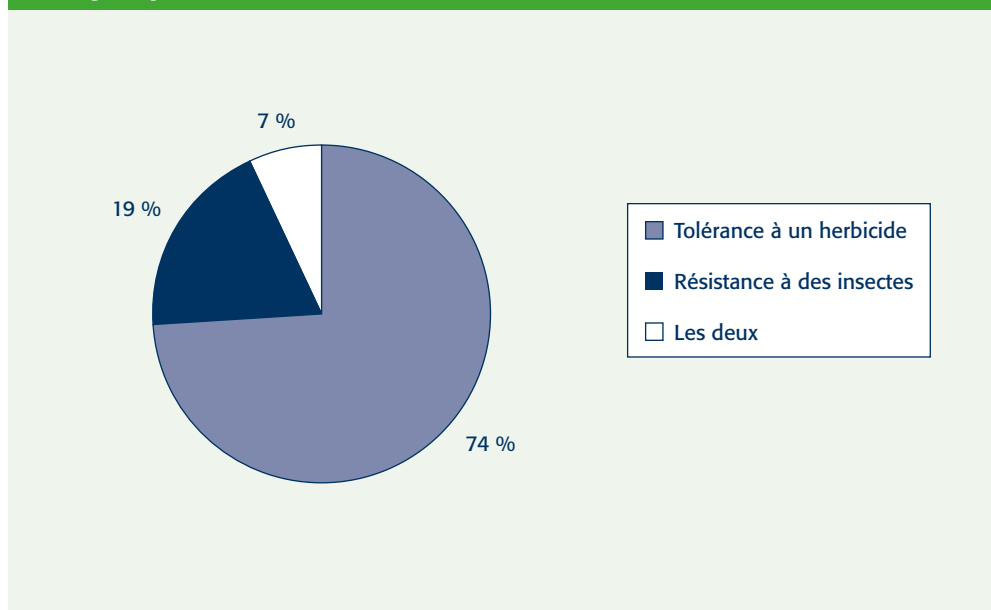
Cultures
transgéniques au
Québec

Au Québec, 16 % des cultures de soya étaient transgéniques en 2001. Les variétés de maïs transgéniques, destinées à l'alimentation animale, comptent pour 27 % de la production de maïs. Dans le cas du colza, le pourcentage atteint 75 %, mais il s'agit d'une culture marginale : 0,2 % de la production canadienne⁶.

Deux grands types
de modifications
génétiques

À travers le monde, les cultures transgéniques commercialisées jusqu'ici présentent deux caractéristiques principales : tolérance à un herbicide et résistance aux insectes grâce à la production par la plante elle-même d'un insecticide (le Bt). Quelques variétés présentent une combinaison des deux caractéristiques.

**Graphique 1 :
Nature de la modification génétique des quatre grandes cultures
transgéniques**



Source : Clive James, ISAAA, 2000.

Difficulté d'évaluer
la présence des
OGM dans
l'alimentation

Bien que la production mondiale d'OGM soit bien connue, il en va autrement de leur présence dans l'alimentation. Au Canada, le soya, le maïs et le colza sont des plantes dont plusieurs produits dérivés, tels que les huiles, la farine, les sucres, l'amidon, la lécithine et autres sont utilisés dans l'alimentation. Aucune donnée ne permet actuellement de savoir jusqu'à quel point ces produits dérivés proviennent de variétés génétiquement modifiées. S'ils se retrouvent dans les aliments, les produits de cultures transgéniques approuvés pour consommation humaine par les autorités concernées, sont souvent mélangés à des produits similaires de source non transgénique.

Autres OGM
approuvés

Au Canada, en plus des trois grandes espèces transgéniques cultivées, certaines variétés de tomates, de courges, de pommes de terre modifiées génétiquement ont aussi obtenu une autorisation de l'Agence canadienne

6. Source : MAPAQ. D'autres données sur la production québécoise sont présentées dans le chapitre 3 du présent avis.

d'inspection des aliments (ACIA) et de Santé Canada. Toutefois, à quelques exceptions près — comme la tomate Flavr Savr qui n'a été commercialisée que quelques mois — aucune information ne permet de savoir si ces variétés ont été offertes directement au consommateur⁷.

1.5 Recherches en cours

Futures générations possibles d'OGM

Une partie des recherches en cours sur le développement de nouveaux OGM porte sur des modifications génétiques visant à améliorer les conditions de culture des plantes. D'autres portent sur des caractéristiques visant à intéresser davantage le consommateur : aliments « améliorés » quant à l'apparence, au contenu nutritif ou à la conservation. De plus, alors que les principaux OGM de première génération ont été modifiés pour un ou quelques caractères, les produits en développement font appel à des transformations plus complexes, impliquant un plus grand nombre de gènes et une altération plus substantielle des organismes.

Aliments nutraceutiques

Les développements récents dans le domaine de la nutraceutique, soit la production d'aliments ayant des propriétés médicinales, pourraient susciter un recours accru aux procédés de transgénèse. Un des cas les plus souvent cités est celui d'un riz doré transgénique, développé en Suisse, afin de combler les déficiences en vitamine A et en fer des populations de pays en voie de développement qui se nourrissent principalement de cette céréale.

Animaux transgéniques

Au cours des prochaines années, certains animaux pourraient être soumis à des opérations de transgénèse pour des fins d'élevage commercial. Des recherches sont en cours sur la modification de la glande mammaire de la vache, de la brebis et de la chèvre en vue de modifier les composants du lait. La protection contre les agents pathogènes et la vaccination génétique des animaux sont d'autres applications de la transgénèse qui font l'objet d'expérimentations. Au Canada, un projet de recherche porte sur la modification du métabolisme du porc en vue de lui faire digérer davantage le phosphore présent dans son alimentation et de rendre ainsi le lisier moins polluant⁸.

Amélioration des procédés de transgénèse

D'autres recherches portent sur les procédés et techniques utilisés en transgénèse. Elles portent sur l'amélioration des vecteurs, des marqueurs et des promoteurs. La régulation de l'expression des gènes, notamment par l'usage de promoteurs plus sophistiqués, compte parmi les résultats prévus. Les travaux sur le développement de promoteurs permettant une expression ciblée du gène d'intérêt dans des parties sélectionnées de la plante, ou à des périodes choisies, se font de plus en plus nombreux. De nouveaux systèmes capables de transférer une quantité plus importante d'ADN que ne le font les moyens actuels laissent envisager des modifications plus complexes et l'apparition de caractères obtenus par l'expression combinée d'un grand nombre de gènes.

7. Certains chiffres sont parfois avancés dans les médias ou sur des sites Web : ainsi, entre 60 à 75 % des aliments transformés contiendraient des ingrédients de source transgénique, peut-on lire parfois. Le Conseil n'a trouvé aucune étude scientifique permettant d'étayer de telles estimations.
8. Serguei P. Golovan et coll., « Pigs Expressing Salivary Phytase Produce Low-Phosphorus Manure », *Nature Biotechnology*, 19, 8, 2001, p. 741-745.

Exemples de produits végétaux transgéniques actuellement en développement

Modification de caractères agronomiques

- Introduction de la tolérance à un herbicide dans la betterave sucrière, le blé, la luzerne, la canne à sucre, la pomme de terre, les produits forestiers et autres végétaux.
- Introduction de la résistance aux insectes dans la tomate, la canne à sucre, le soya, le colza, l'arachide, l'aubergine et le peuplier. Cela inclut l'utilisation de toxines Bt ayant des spécificités différentes et le développement d'autres toxines afin de diminuer les problèmes liés à l'apparition éventuelle d'une résistance au Bt.
- Introduction de la résistance aux maladies causées par des virus, des champignons ou des bactéries dans le maïs, la pomme de terre et autres végétaux.
- Introduction des gènes codant pour d'autres traits agronomiques comme la tolérance au temps sec, la tolérance au froid, l'augmentation de l'activité photosynthétique, l'utilisation plus efficace de l'azote, la capacité de pousser dans des sols salins, etc.

Modification de caractéristiques alimentaires

- Huile de canola ou de soya pauvre en gras saturés.
- Canola riche en bêta carotène (antioxydant).
- Tomate contenant un haut niveau de lycopène (agent anticancéreux).
- Céréales avec un contenu optimal en acides aminés.
- Riz riche en fer.
- Betterave sucrière produisant du sucre faible en calories.
- Maïs et fraises ayant un niveau de sucre plus élevé afin d'en accroître la saveur.
- Tomate et pomme de terre plus fermes.
- Melon, fraise, framboise, cantaloup au mûrissement retardé.
- Modification du niveau de gluten contenu dans le blé afin d'en changer les caractéristiques de cuisson.
- Café naturellement décaféiné.

Agriculture moléculaire végétale

Utilisation des plantes comme bioréacteurs afin de leur faire synthétiser des molécules complexes que les bactéries n'arrivent pas à produire de façon satisfaisante. Exemples :

- Anticorps monoclonaux dans le maïs et la pomme de terre (MPB Cologne Allemagne).
- Hormone de croissance humaine dans des chloroplastes de tabac.
- Protéines sanguines dans la pomme de terre.
- Vaccin de la dysenterie dans la banane.
- Vaccin de la rage dans le maïs.

Source principale : USDA, *Economic Issues in Agricultural Biotechnology* (2001).

Abandon du gène marqueur de résistance à un antibiotique

L'abandon du gène marqueur codant pour une résistance à un antibiotique, ou encore son élimination une fois sa fonction accomplie, font partie des développements en cours. Au lieu d'utiliser un gène marqueur étranger, le projet européen EcoTub, par exemple, se propose de modifier un gène appartenant déjà au patrimoine de la plante, celui qui code pour la tubuline (une protéine essentielle à la structure de la cellule)⁹.

« De nombreux travaux et des premières réalisations portent ainsi sur le développement de marqueurs qui n'utilisent plus de gènes de résistance aux antibiotiques. Il peut s'agir d'autres gènes marqueurs, comme l'utilisation d'un marqueur conférant une tolérance à un herbicide, une coloration repérable ou la capacité à pousser sur un milieu carencé en certains éléments nutritifs, ou de méthodes permettant l'élimination du gène marqueur après intégration du transgène¹⁰. »

Les progrès de la génomique

Des résultats récents en génomique ont été obtenus, notamment le séquençage du génome de quelques espèces, dont l'homme, le rat et la drosophile. Côté végétal, les génomes de l'arabette (*Arabidopsis*) et du riz sont les seuls connus. Aux États-Unis, un grand programme national de 143 millions de dollars mobilise un réseau de recherche privé et public depuis 1997 dans le domaine de la génomique des plantes. En Europe également, des alliances se créent entre les entreprises et les laboratoires de recherche biotechnologiques. Le réseau français Génoplante, par exemple, créé en 1999, comprend des organismes publics tels que l'Institut national de la recherche agronomique (INRA) et le Conseil national de recherche scientifique (CNRS), ainsi que des entreprises semencières. Il vise lui aussi une meilleure compréhension du génome des plantes et l'amélioration des espèces cultivées.

Dans les années qui viennent, la disponibilité croissante de l'information génomique sur un plus grand nombre d'espèces permettra de mieux identifier la fonction des gènes et la compréhension de leur expression protéique. Des recherches récentes dans une spécialité appelée épigénétique tendent à montrer l'énorme complexité des phénomènes génétiques¹¹.

1.6 Points saillant du chapitre 1

1. Le sigle OGM veut dire « organisme génétiquement modifié ». Un OGM est d'abord un organisme, c'est-à-dire une plante, un animal, ou un micro-organisme. Une partie des gènes de cet organisme a été modifiée par intervention humaine, dans le but d'obtenir certaines caractéristiques nouvelles. La modification peut viser différents types d'objectifs : rendre l'organisme plus résistant à certains stress ou agents infectieux, modifier sa forme ou sa texture, lui faire produire des substances médicamenteuses ou industrielles, etc. **Les OGM qui font le plus l'objet de débats publics sont ceux qui sont destinés à la consommation alimentaire humaine, mais des OGM sont développés et utilisés dans bien**

9. Voir « EcoTub, An Ecologically Safe Selection System for Transgenic Crops Based on Modified Plant-Tubulin Genes », P. Nicks coordonnateur, (<http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/01-plants/01-16-project.html>).

10. *OGM et agriculture : option pour l'action publique*, Rapport du groupe présidé par Bernard Chevassus-au-Louis, Commissariat général du plan, Paris, 2001, p. 130; Voir aussi Morten Joersbo, « Advances in the Selection of Transgenic Plants Using Non-Antibiotic Marker Genes », *Physiologia Plantarum*, 111, 2001, p. 269-272.

11. Voir « Epigenetics », *Science*, numéro thématique, 293, 10 août 2001.

d'autres domaines : en recherche scientifique, en santé, en sylviculture, en environnement, etc.

2. **Le développement d'un nouvel OGM se fait par transgénèse, c'est-à-dire par le transfert dans un organisme d'un ou de plusieurs gènes de provenance étrangère.** Les gènes contiennent les instructions nécessaires à la synthèse des protéines. Chez les animaux, les plantes et la plupart des bactéries, ces instructions sont codées dans un langage chimique commun et contenues dans une même substance, l'ADN. L'universalité du code génétique est ce qui rend possible la transgénèse. En important dans un organisme le ou les gènes contenant les instructions nécessaires, il est possible de faire apparaître chez cet organisme une caractéristique provenant d'une autre espèce ou même d'un autre règne. La transgénèse permet donc de franchir ce qu'on appelle la « barrière des espèces ».
3. **Il existe différentes techniques pour effectuer le transfert et l'insertion de gènes étrangers dans le bagage génétique d'un organisme ciblé.** Ces techniques varient selon qu'il s'agit d'un animal, d'un végétal ou d'un micro-organisme. Cependant, avant d'être transféré, le gène principal (ou gène d'intérêt) doit être intégré à une construction génétique, c'est-à-dire une structure qui comprend d'autres segments d'ADN remplissant des fonctions complémentaires. Une fois l'insertion réussie, l'organisme récepteur du gène étranger est appelé transgénique.
4. **Dans le secteur agroalimentaire, une première génération d'OGM a été mise sur le marché depuis le milieu des années 1990.** Quatre plantes composent 99 % de toutes les cultures transgéniques autorisées à travers le monde : le soya, le maïs, le colza et le coton. Ces quatre plantes ont été modifiées pour des raisons essentiellement agronomiques, soit pour les rendre résistantes à certains insectes, soit pour les rendre tolérantes à certains herbicides, soit les deux. À la première catégorie, appartiennent les plantes Bt (maïs et coton surtout), des plantes qui ont été modifiées génétiquement pour produire des toxines insecticides provenant à l'origine d'une bactérie (Bt).
5. Les quatre principales plantes transgéniques cultivées ont fait l'objet de plusieurs autorisations pour être produites et commercialisées à travers le monde, y compris au Canada. **Il est cependant impossible pour le moment de savoir à quel degré et sous quelles formes ces OGM sont présents dans les aliments disponibles sur le marché.** Les produits dérivés de ces plantes sont souvent mélangés à des produits analogues de source non transgénique.
6. **Une nouvelle génération d'OGM alimentaires fait actuellement l'objet de recherche et de développement à travers le monde.** Certains travaux portent sur des caractéristiques agronomiques du même type que les précédentes; d'autres portent sur des modifications visant à intéresser le consommateur : aliments « améliorés » quant à l'apparence, au contenu nutritif ou à la conservation. Des recherches portent également sur l'amélioration des techniques de la transgénèse.

7. **Jusqu'à présent, aucun animal transgénique n'a été approuvé pour consommation humaine.** Une demande d'autorisation pour un saumon transgénique à croissance accélérée a cependant été déposée devant une agence américaine, la Food and Drug Administration.

Les impacts des OGM alimentaires sur la santé humaine et sur l'environnement : ce qu'on en sait

2.1 Un domaine de recherche encore peu exploré

Un sujet d'une très grande complexité

Dresser un bilan de l'impact des OGM du domaine bioalimentaire sur la santé humaine et sur l'environnement n'a rien d'une tâche simple ou facile. Les OGM ne forment pas un ensemble homogène. Ils regroupent des organismes, des modifications génétiques ainsi que des produits alimentaires très variés. Les plantes transgéniques ont en commun d'avoir été modifiées génétiquement, mais c'est là souvent leur seul point commun. Par exemple, le risque de toxicité ou d'allergénicité d'un aliment dont la valeur nutritive a été modifiée par transgénèse, ne se pose pas de la même façon que celui d'une plante qui a été transformée pour synthétiser une toxine insecticide. Les conséquences environnementales possibles d'une dissémination génétique dans la nature ne sont pas les mêmes selon qu'il s'agit d'un gène codant pour une résistance à un herbicide ou d'un gène permettant à la plante de croître en milieu salin.

En somme, pour traiter adéquatement des risques ou des avantages présumés des OGM, il faut tenir compte de l'espèce cultivée, des conditions de culture, du type de transformation génétique, du mode de transformation alimentaire dont il est question, etc. Idéalement, les différents risques sanitaires et environnementaux possibles de chacun des OGM et de chacune de leurs utilisations possibles devraient être examinés cas par cas. Les connaissances scientifiques actuelles ne permettent pas de le faire.

Moins de recherches que ce qu'on peut croire

Le public pourrait avoir l'impression que les OGM ont fait l'objet d'abondantes recherches, puisqu'il en est fréquemment question dans les médias généraux, les revues ou les émissions de vulgarisation scientifique, ou encore parce que des chercheurs sont souvent sollicités pour donner leur position sur la question. Toutefois, les revues de littérature scientifique sur le sujet montrent que les études scientifiques publiées sur les impacts proprement dits des OGM ne sont pas encore très nombreuses, notamment en raison du fait que les cultures transgéniques sont elles-mêmes d'introduction récente. Ainsi, dans une lettre à la revue *Science*, parue en juin 2000, un chercheur¹² faisait état de ses efforts pour dresser une revue de littérature portant sur les effets des OGM sur la santé humaine. Après avoir interrogé différentes bases de données avec des mots clés tels que « genetically modified foods », ce chercheur constatait qu'une grande partie des textes répertoriés sur le sujet dans les revues scientifiques relevaient surtout du commentaire et de l'opinion. Pourtant, notait-il, les compagnies productrices effectuent présumément des études nutritionnelles et toxicologiques sur leurs produits, mais les résultats de ces études se retrouvent rarement dans les périodiques scientifiques.

12. Voir Jose L. Domingo, « Health Risks of GM Foods : Many Opinions but Few Data », *Science*, 288, 9 juin 2000, p. 1748-1749.

Même constat du côté environnemental

Du côté environnemental, le constat paraît similaire. Une revue de littérature extensive effectuée par deux chercheurs¹³ et publiée également dans la revue *Science* à la fin de 2000, signalait le peu d'expériences significatives existantes, portant aussi bien sur les bénéfices que sur les risques possibles des cultures transgéniques. Il faut aussi constater que les données environnementales recueillies par les compagnies lors des essais en champ de plantes transgéniques et fournies aux organismes publics lors des demandes d'autorisation, ne sont pas publiées ni soumises à une évaluation scientifique externe.

Un domaine de recherche en plein développement

L'étude des impacts des OGM sur la santé et l'environnement est un domaine de recherche qui commence à se développer. Le département de l'Agriculture américain subventionne chaque année, depuis 1992, une dizaine de nouveaux projets (pluriannuels la plupart du temps) sur les risques environnementaux liés aux OGM. La Communauté européenne offre également un programme de subventions de recherche sur la sécurité des OGM. Plus de 80 projets y ont été financés depuis 1985, pour un total de 64 millions de dollars¹⁴. Une partie des résultats de recherche sont déjà disponibles, mais plusieurs projets sont en cours ou à la veille d'être publiés. Les connaissances scientifiques sur les impacts des OGM devraient continuer de s'accroître au cours des prochaines années.

Les modifications génétiques des OGM actuellement cultivés ont principalement des fonctions d'ordre agronomique : amélioration de la résistance des récoltes aux insectes ou à d'autres agents pathogènes, facilitation et réduction de l'usage d'herbicides en rendant la plante tolérante à un herbicide à large spectre, etc. Sur ce plan, la technologie de l'ADN recombinant fait partie d'une panoplie de moyens et de techniques utilisés en agriculture pour protéger les récoltes et obtenir une meilleure productivité. Les risques potentiels, de même que les avantages potentiels, devraient être évalués en les comparant aux risques et aux avantages des autres technologies disponibles. Or, les études comparatives ne sont pas fréquentes et il reste souvent difficile de mettre en perspective les résultats obtenus quant à l'évaluation de risques ou d'avantages particuliers de certains OGM.

Le sujet prête aussi à la controverse scientifique

Une autre difficulté qui se présente pour dresser le bilan des impacts des OGM tient au fait qu'il existe des désaccords à l'intérieur même de la communauté scientifique, tant à propos des risques qu'à propos des bénéfices. Les chercheurs font consensus sur le contenu et la portée des connaissances de base qui s'appliquent au cas des OGM, que ce soit en génétique, en biologie moléculaire ou en biochimie. Il leur arrive de contester la validité des protocoles expérimentaux de certaines recherches (voir encadré sur le papillon monarque), en se référant aux exigences du processus de validation scientifique.

13. L.L. Wolfenbarger, P.R. Phifer, « The Ecological Risks And Benefits of Genetically Engineered Plants », *Science*, 290, 15 décembre 2000, p. 2088-2093.

14. « EC-sponsored Research on Safety of Genetically Modified Organisms — A Review of the Results », (<http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/general-intro.html>).

UN CAS DE CONTROVERSE SCIENTIFIQUE : LE PAPILLON MONARQUE ET LE MAÏS BT

Les toxines que produit le maïs Bt contre la pyrale du maïs peuvent affecter d'autres insectes de la famille des lépidoptères. La larve ou chenille du papillon monarque (*Danaus plexippus*) se nourrit de feuilles d'asclépiades, une plante qui pousse surtout dans les milieux perturbés et qu'on retrouve notamment dans les alentours de champs de maïs aux États-Unis. Le pollen du maïs Bt pourrait donc se retrouver sur les feuilles d'asclépiades et être mangées par les larves.

Le 20 mai 1999, une communication intitulée « Transgenic Pollen Harms Monarch Larvae » et co-signée par John E. Losey et deux autres chercheurs, était publiée dans la revue *Nature*¹⁵. Les auteurs y présentaient les résultats préliminaires d'une recherche en laboratoire portant sur l'exposition des larves du papillon monarque à des feuilles saupoudrées de pollen Bt. Selon ces résultats, les chenilles exposées au Bt connaissaient une croissance plus lente et une mortalité plus élevée que celles qui se nourrissaient de feuilles saupoudrées de pollen provenant d'un maïs non transgénique. Aucune indication n'était fournie cependant sur la quantité de pollen consommée par les chenilles. Une autre recherche réalisée par deux chercheurs de l'université de l'Iowa (Hansen et Obricky¹⁶) allait cependant confirmer que le taux de mortalité des chenilles augmente quand on les nourrit de feuilles d'asclépiade recueillies aux abords de champs de maïs Bt.

Bien qu'aucune de ces deux études n'ait permis d'évaluer l'effet des toxines Bt sur les populations de monarques à l'état naturel, le statut emblématique de cet insecte, reconnu pour sa beauté notamment et ses habitudes migratoires, a fait réagir vivement une partie de l'opinion publique. Des groupes environnementalistes en ont fait un cas d'espèce pour dénoncer la menace que font peser, selon eux, les cultures transgéniques sur la biodiversité.

Une toxine affectant un insecte de la famille des lépidoptères a toutes les chances d'affecter d'autres insectes de la même famille. Par contre, les conditions dans lesquelles le pollen du maïs Bt peut effectivement menacer la survie du monarque ont fait l'objet de plusieurs discussions. Quelle proportion des asclépiades pousse dans les alentours des champs de maïs? Dans quelle proportion le monarque pond-il ses œufs sur les asclépiades qui poussent à proximité de champs de maïs? L'apparition des larves du monarque correspond-elle à la période de pollinisation du maïs? Le pollen du maïs étant relativement lourd, jusqu'à quel point se disperse-t-il au-delà du périmètre immédiat des champs? Combien de grains de pollen par centimètre carré doit-on considérer comme toxique pour la larve du monarque? L'effet des toxines Bt du maïs transgénique sur la population de cet insecte est-il plus important que celui d'autres insecticides traditionnels (y compris les cristaux de Bt)?

Pour répondre à ces questions, l'Environment Protection Agency (EPA) américaine a commandité six projets de recherche. Les conclusions de ces projets ont été communiquées publiquement à la fin de l'été 2001. Les résultats eux-mêmes doivent être publiés dans la revue *Proceedings of the National Academy of Science*. Selon l'EPA, ni la dispersion du pollen de maïs Bt, ni la densité de toxine observée sur les feuilles d'asclépiades près des champs, ni les autres facteurs ne font courir de danger réel à la chenille du monarque. Une de ces études, dirigée par un chercheur de l'université de Guelph, confirme que, dans leur environnement naturel, les larves ne consomment pas suffisamment de pollen pour être affectées par les toxines du Bt.

15. J.E. Losey, L.S. Rayor, M.E. Carter, « Transgenic Pollen Harms Monarch Larvae », *Nature*, 399, 214, 1999.
16. L.C. Hansen, J.J. Obrycki, « Field Deposition of Bt Transgenic Corn Pollen : Lethal Effects on the Monarch », *Oecologia*, 125, 2000.

Le débat qui a lieu sur la place publique entre tenants et adversaires des OGM a sa contrepartie dans le milieu scientifique. Il suffit de comparer le discours d'un biologiste à l'emploi d'une importante firme de biotechnologie avec celui d'un autre travaillant avec des groupes environnementalistes, pour réaliser l'importance des divergences¹⁷. Pour le public, il n'est pas toujours facile de départager ce qui, dans le discours de certains experts, relève de connaissances appuyées sur des fondements scientifiques établis et ce qui relève des valeurs ou des idéologies¹⁸.

Un effort de rigueur
et de neutralité...

Conscient de toutes ces difficultés, le Conseil s'est efforcé d'examiner la littérature scientifique pertinente avec le plus de rigueur et d'impartialité possibles. Il a surtout cherché à rester factuel, en dégagant ce qui pouvait être établi sur la base des connaissances acquises dans les différentes disciplines pertinentes (génétique, biologie moléculaire, écologie, etc.). De nombreux documents ont été consultés et étudiés pour les fins de ce travail (voir bibliographie). La préférence a d'abord été accordée aux sources secondaires, synthèses et revues de littérature les plus récentes, qui ont le mérite d'avoir déjà fait le tour des principaux textes scientifiques pertinents. Les rapports d'agences gouvernementales, ou produits à leur demande n'ont été retenus que dans la mesure où ils ont été rédigés par des experts scientifiques reconnus¹⁹.

mais ne pouvant
viser l'exhaustivité

Plusieurs dizaines d'articles spécialisés, publiés dans des revues avec comités de pairs, ont également fait l'objet d'une attention particulière.

Idéalement, comme il a été dit plus haut, la question de l'évaluation des impacts liés aux OGM devrait être examinée au cas par cas, pour tenir compte de toutes les variations entre espèces cultivées, milieux de cultures, modifications génétiques, procédés de transgénèse, etc. Les références consultées sont loin d'être aussi précises. Dans sa présentation des différents risques possibles, le Conseil s'en tient aux aspects les plus généraux, tout en attirant l'attention sur des distinctions qu'il juge essentielles.

Enfin, un effort particulier de synthèse a été tenté, dans la mesure du possible, afin de ne pas surcharger indûment le texte de détails et de termes techniques.

Prendre en compte
les bénéfices
possibles des OGM

En plus des caractéristiques agronomiques, les promoteurs des OGM font valoir que les OGM ont des avantages d'ordre économique et environnemental principalement. Les deux sections qui suivent portent sur ce qu'on sait des risques possibles que représentent les OGM pour la santé (2.2) et pour l'environnement (2.3). Le chapitre se termine sur une présentation des avantages possibles des OGM sur ces deux plans (2.4). Les aspects économiques seront présentés au chapitre 3.

17. Voir les entrevues publiées côte à côte de Robert B. Horsch, pionnier de la transgénèse végétale et vice-président de la firme Monsanto, et de Margaret Mellon, directrice du Programme d'agriculture et de biotechnologie de l'Union of Concerned Scientists, *Scientific American*, avril 2001, p. 62-65.

18. Sur la controverse liée à la participation des experts aux débats sur les OGM, voir notamment : Camille Limoges et coll., « Les risques associés au largage dans l'environnement d'organismes génétiquement modifiés : analyse d'une controverse », *Cahiers de recherche sociologique*, n° 21, 1993, p. 17-50; Camille Limoges, Alberto Cambrosio et Eric Hoffman, « Expertise as a Network : A Case Study of the Controversies Over the Environmental Release of Genetically Engineered Organisms », dans Nico Stehr et Richard V. Ericson (éd.), *The Culture And Power of Knowledge*, Berlin-New York, Walter de Gruyter, 1992, p. 341-362.

19. Comme celui de la Société royale du Canada qui offre une couverture scientifique assez complète de la question et qui constitue une des sources principales du présent avis.

2.2 Les risques potentiels pour la santé humaine

Danger et risque

Pour l'Organisation mondiale de la santé (OMS), il y a danger quand un agent biologique, chimique ou physique, présent dans un aliment ou produit par cet aliment, est susceptible d'entraîner un effet indésirable sur la santé. Par définition, un risque n'est pas un danger, mais la possibilité qu'un danger survienne. On parle donc de probabilité et non de certitude. Un poison reconnu est un danger, mais un aliment pouvant contenir des toxines dans certaines conditions représente un risque.

Les risques potentiels pour la santé humaine habituellement soulevés à propos des OGM sont la toxicité des aliments, leur allergénicité ainsi que la modification de leur valeur nutritive. Les facteurs en cause peuvent être liés au gène d'intérêt lui-même ou à l'utilisation de certains gènes marqueurs (de résistance à un antibiotique).

Avant d'examiner ces risques, quelques remarques préliminaires s'imposent.

2.2.1 Remarques préliminaires

Difficile de conclure sur la base de l'expérience des consommateurs

1. Il y a maintenant plusieurs années (1994) que des aliments provenant de cultures transgéniques sont autorisés au Canada et à travers le monde. Aucune épidémie, aucune catastrophe alimentaire n'a été détectée qui pouvait être reliée directement à la consommation d'OGM. Mais il est impossible d'évaluer la portée d'un tel constat, ni à propos des OGM actuels ou passés, ni (encore moins) à propos des OGM futurs, puisque, comme on l'a dit au chapitre 1, on ignore le degré d'exposition des consommateurs à des ingrédients de sources transgéniques dans l'alimentation. L'évaluation de l'impact sanitaire des OGM ne peut pas s'appuyer sur l'expérience concrète des consommateurs, puisque nous ne sommes pas en mesure d'évaluer l'ampleur de cette expérience.

Sucres et huiles ne peuvent être écartés de la discussion

2. Certains produits dérivés du soya, du maïs ou du colza GM, comme les huiles ou les sucres, peuvent être affectés d'une manière ou d'une autre par les modifications génétiques qu'ont subies ces plantes. Il est démontrable que les huiles, par exemple, purifiées par des procédés de filtration, peuvent avoir conservé des traces de protéines ou d'ADN de la plante d'origine. Il en est de même des sucres obtenus par raffinage, le sirop de maïs GM, par exemple. On ne peut donc pas écarter ces types de substances alimentaires d'une discussion sur les risques sanitaires des OGM²⁰.

Les risques associés aux futurs OGM sont imprévisibles

3. Avec l'arrivée éventuelle d'OGM de deuxième génération, les modifications génétiques porteront davantage sur des caractéristiques telles que la saveur ou la fermeté (caractéristiques dites organoleptiques), sur la valeur nutritive, ou encore sur le rythme de croissance ou de mûrissement. Évaluer les risques que pourraient présenter ces aliments, à l'aide de connaissances

20. Il devrait en être de même des produits alimentaires (colorants, additifs divers) dont le procédé de fabrication implique des micro-organismes (bactéries, levure, etc.) génétiquement modifiés. Le Conseil regrette de ne pas avoir pu se pencher sur ce volet particulier du dossier des OGM, mais déplore aussi le fait que les études et les recherches d'impact sur la santé humaine sont encore moins nombreuses dans le cas des micro-organismes que dans le cas des plantes transgéniques.

scientifiques établies ou en effectuant des études expérimentales en laboratoire, ne permet pas de prévoir avec certitude ce qui arrivera si certains aliments, composés de végétaux substantiellement modifiés, sont consommés sur une grande échelle par la population.

Innocuité des OGM et tests

Dans la littérature scientifique, la question de l'innocuité des aliments provenant d'OGM est souvent traitée en référence à l'efficacité des tests et des méthodes existants pour évaluer leur toxicité ou leur allergénicité. La connaissance qu'on peut avoir des risques sanitaires liés à ces aliments repose en effet sur les moyens scientifiques dont on dispose pour les détecter.

L'insertion d'un gène étranger dans un organisme a pour but d'apporter une modification précise dans ses caractéristiques physiologiques ou métaboliques. À cette fin, de nouvelles protéines vont être produites ou des protéines existantes vont être modifiées, par l'effet du gène d'intérêt. Ces modifications sont connues. Les protéines en cause sont identifiées. Il faut toutefois vérifier si elles sont toxiques ou si elles présentent un risque d'allergie avant de les introduire dans l'alimentation humaine.

Cependant, pour des raisons qui seront exposées plus loin, l'insertion du gène d'intérêt peut, en plus des modifications protéiques connues et identifiées, provoquer d'autres changements, imprévus ceux-là, dans la composition de la plante. Ces effets, dits pléiotropiques, posent des problèmes différents puisqu'il faut d'abord les détecter avant de vérifier leur toxicité ou leur potentiel allergène.

On traitera successivement des risques liés aux effets connus du gène d'intérêt (2.2.2), des risques liés aux effets dits pléiotropiques (imprévus) (2.2.3), et de certains risques particuliers liés aux gènes marqueurs (2.2.4).

2.2.2 Risques liés aux effets connus du gène d'intérêt

Analyse de toxicité

Pour analyser le risque toxique lié au produit résultant de l'expression du gène introduit, on recourt aux méthodes classiques de la toxicologie, celles qu'on utilise pour l'évaluation de nombreuses substances chimiques qui doivent faire l'objet d'une autorisation gouvernementale (médicaments, pesticides, etc.). La méthodologie établie pour évaluer la toxicité d'une substance alimentaire implique d'abord qu'il soit possible d'identifier et d'isoler cette substance.

« Le profil toxicologique de la substance toxique dans un aliment, qu'elle soit d'origine endogène ou exogène, est habituellement décrit à partir d'études bien caractérisées qui fournissent d'importants renseignements sur le comportement probable de la substance toxique en question dans le corps humain et sur les fonctions biologiques susceptibles d'être affectées. Le profil toxicologique établi à la suite de telles études, tout comme la dose qui déclenche les effets toxiques, est ensuite examiné à la lumière de la fréquence, de l'intensité et de la durée de l'exposition à la substance toxique dans des conditions types d'utilisation. Il est ensuite possible, à partir de l'analyse toxicologique, de formuler un niveau de risque probable. La US National Academy of Science a bien décrit ce modèle d'expression du risque associé à des constituants alimentaires en 1983. Ce modèle est généralement

accepté à l'échelle internationale comme base pour la prise de décisions éclairées concernant un vaste éventail de substances chimiques, y compris les pesticides, les médicaments thérapeutiques et les contaminants de l'environnement²¹ ».

La (ou les) protéine(s) produite(s) par le gène introduit est (sont) administrée(s) à des rats dans des conditions standardisées. On peut déterminer des concentrations létales à court terme (DL 50 = dose létale pour 50 % des animaux) puis, en utilisant des doses plus faibles, réaliser des expositions de plus longue durée (quelques mois) et étudier les modifications physiologiques (croissance, métabolisme) ou anatomiques éventuelles (taille des différents organes). À l'issue de ces tests, on vérifie si les concentrations mesurées dans la plante sont inférieures ou non aux plus faibles doses repérées comme toxiques dans les tests²².

TOXICITÉ

Une substance est considérée **toxique** lorsqu'elle attaque le fonctionnement du métabolisme : systèmes respiratoire, digestif, nerveux, immunitaire, reproductif, etc. Une neurotoxine, par exemple, affecte le système nerveux. Les agents toxiques peuvent provenir de différentes sources, dont des aliments. Le niveau d'exposition est une variable extrêmement importante pour déterminer la toxicité d'une substance. Ainsi, n'importe quel aliment pourrait ultimement se révéler toxique s'il est pris en trop grande quantité. Il faut distinguer la toxicité aiguë (un empoisonnement, par exemple) de la toxicité chronique (cancérogenèse, par exemple).

Les tests de toxicité jouent un rôle très important dans l'analyse et le contrôle des aliments autorisés pour consommation humaine. Une partie de ces tests sont effectués sur un petit nombre d'animaux. Pour mesurer un effet, il faut les exposer à de fortes doses, puis extrapoler les risques sur de faibles doses.

L'évaluation de la toxicité d'un aliment suit habituellement les quatre étapes suivantes qui correspondent aux étapes habituelles de l'évaluation du risque²³ :

l'identification du danger, soit l'établissement du rapport de cause à effet entre une substance et un problème;

la caractérisation ou l'évaluation de la relation dose-effet, soit la détermination du rapport qui existe entre le degré d'exposition à une substance et la probabilité d'apparition du problème;

l'estimation de l'exposition, par laquelle on identifie et on mesure les différentes voies d'exposition de la substance avec le corps;

l'estimation ou quantification du risque, soit l'évaluation quantitative de la probabilité d'un effet indésirable (problème) dans des conditions d'exposition particulières.

L'intention est de parvenir à une quantification mathématique rigoureuse du risque « scientifiquement acceptable » : un risque sur 10 000 ou un risque sur un million.

21. Rapport du groupe d'experts de la Société royale du Canada, p. 48-49.

22. Commissariat général du plan, *op. cit.*, p. 195-196.

23. Sources : Rapport du groupe d'experts de la Société royale du Canada, p. 48-50; André Beauchamp, « Risque (Évaluation et Gestion) », dans Gilbert Hottois et Jean-Noël Missa (éd.), *Nouvelle encyclopédie de bio-éthique*, Bruxelles, De Boeck Université, 2001.

Toxicité du Bt

La toxicité du Bt a été testée par des méthodes de ce type, avant l'apparition de plantes transgéniques. Les toxines produites par la bactérie sont en effet utilisées comme insecticide classique depuis de nombreuses années. Aux États-Unis, l'Environment Protection Agency (EPA) termine actuellement une recension générale de ce qui est scientifiquement connu et établi à propos des plantes Bt, dans la perspective d'une nouvelle ronde d'autorisations commencée à l'automne 2001. La recension, qui porte sur les évaluations de risques et de bénéfices sanitaires et environnementaux de ces variétés, intègre toute la littérature scientifique publiée à ce jour, ainsi que les recommandations de groupes d'experts de la National Academy of Sciences. Les décisions (à venir) seront soumises ensuite à la consultation. Déjà, cependant, les conclusions du volet santé de cette grande étude sont connues : les toxines Bt ne présentent pas de risque déraisonnable (« *unreasonable* ») pour la santé humaine²⁴.

Plantes tolérantes à un herbicide

Le cas des plantes modifiées pour présenter une tolérance à un herbicide à large spectre (comme le glyphosate) est différent. Ce type d'herbicide s'attaque directement à une enzyme qui permet la synthèse de certains acides aminés essentiels. Privée de ces acides aminés, une plante meurt. La modification génétique ne vise pas à exprimer une toxine, comme chez les plantes Bt, mais à empêcher que l'herbicide ne détruise l'enzyme de la plante cultivée. Cela se fait, soit en provoquant une surexpression de l'enzyme, soit en modifiant l'enzyme pour en accroître la résistance, soit en synthétisant d'autres enzymes capables de dégrader l'herbicide²⁵. Ces modifications enzymatiques sont connues et ont fait l'objet de tests toxicologiques lorsque les variétés de plantes concernées (le soya RoundUp Ready, par exemple) ont été autorisées pour consommation humaine. On en fait rarement mention dans la littérature, sinon pour signaler que ces plantes ne posent pas de problème particulier de toxicité²⁶.

Analyse de l'allergénicité

Pour ce qui est du risque d'allergénicité lié aux propriétés éventuelles des nouvelles protéines exprimées dans l'OGM, les méthodes de détection sont plus problématiques, surtout si les protéines en question sont nouvelles dans l'alimentation. Il n'existe actuellement aucun test éprouvé permettant de mesurer directement le potentiel allergène d'une protéine, le phénomène allergique lui-même étant en effet très variable d'un individu à l'autre.

« Il n'existe présentement aucun test ni aucune combinaison de tests permettant de prédire avec précision le potentiel allergène d'une protéine de sources dont le potentiel allergène n'a pas été établi. Malgré tout, à l'aide d'une batterie de tests bien conçus et correctement exécutés, et à l'aide de connaissances concernant les caractéristiques du transgène, un aliment GM peut être jugé relativement inoffensif pour les personnes allergiques et comparable à son homologue non génétiquement modifié si tous les tests donnent des résultats négatifs. Malgré les évaluations d'allergénicité négatives, si le transgène en question est dérivé d'une source dont le potentiel allergène est inconnu, il serait prudent de prévoir la surveillance de cet aliment à la suite de son introduction dans la filière alimentaire pour dépister

24. *Bacillus thuringiensis Plant-Pesticides*, Biopesticides Registration Action Document, Revised Risks and Benefits Sections, US Environmental Protection Agency, 16 juillet 2001, p. 12.

25. National Research Council, *Genetically Modified Pest-Protected Plants*, Washington, National Academy Press, 2000, p. 27.

26. « Par exemple les enzymes de dégradation des herbicides totaux ne présentent aucune toxicité mesurable, même à forte dose », Commissariat général du plan, *op. cit.*, p. 196.

tout effet allergique imprévu, tout en reconnaissant que cela pourrait s'avérer une tâche plus difficile en l'absence de l'étiquetage correspondant des aliments GM²⁷. »

ALLERGÉNITÉ

Une substance alimentaire **allergène** – habituellement une protéine – est celle qui provoque une réaction problématique du système immunitaire chez certains sujets, lesquels manifestent une hypersensibilité envers cette substance. L'allergie met en jeu plusieurs anticorps, dont l'immunoglobuline E (IgE). En présence de l'allergène, cet anticorps déclenche la libération de médiateurs toxiques qui causent la réaction allergique : démangeaison, éruption cutanée, réaction anaphylactique (obstruction des voies respiratoires et choc hypotensif). La forme anaphylactique est la plus redoutée, car elle peut entraîner la mort.

Les principaux aliments susceptibles de provoquer des réactions allergiques sont le lait de vache, les œufs, le soya, le blé, l'arachide et les noix, chez l'enfant; le poisson, les fruits de mer, l'arachide et les noix, chez l'adulte. D'autres types de réactions allergiques, comme l'entéropathie au gluten, résultent de mécanismes immunologiques différents.

Pour tester l'allergénité d'une protéine, on la compare avec les allergènes déjà répertoriés, afin de voir s'il n'y a pas parenté de composition et de structure. On en teste la réactivité immuno-chimique en présence de l'immunoglobuline E (responsable du déclenchement de la réaction allergique), on éprouve sa stabilité moléculaire ainsi que sa dégradation dans le système digestif. Ce sont là des tests courants auxquels sont soumises les nouvelles substances alimentaires.

Dans le cas d'une protéine transgénique, la détermination de l'allergénité doit également prendre en considération la source du gène : l'organisme d'origine est-il connu pour causer des effets allergènes? Si oui, la protéine est soumise aux tests d'allergénité courants. Si non, la séquence des acides aminés de la protéine est comparée avec celle d'autres protéines reconnues comme allergènes, afin de repérer la présence possible d'épitopes allergènes. Les épitopes sont des portions de la protéine responsable de la réponse immunologique²⁸.

Certains tests sur les caractéristiques physico-chimiques de la molécule – comme la résistance à la dégradation en milieu digestif – fournissent quelques indications sur l'allergénité d'une protéine. Une comparaison de sa structure primaire (séquence des acides aminés) avec celle d'autres protéines déjà reconnues comme allergènes permet aussi de repérer la présence de séquences problématiques (épitopes) pouvant causer des allergies²⁹. Par exemple, comme la toxine Cry9C produite par la variété de maïs Bt commercialisée sous le nom de Starlink n'avait pas la propriété de se digérer aussi vite que d'autres toxines (Cry1A et 3A), et comme elle partageait certaines caractéristiques physico-chimiques avec les protéines allergènes connues, l'EPA a jugé que le risque potentiel d'allergie qu'elle présentait était suffisant pour en interdire la commercialisation à des fins de consommation humaine.

27. Rapport du groupe d'experts de la Société royale du Canada, p. 79.

28. Sources : Rapport du groupe d'experts de la Société royale du Canada, p. 66 et s.; Bob B. Buchanan, « Genetic Engineering and the Allergy Issue », *Plant Physiology*, 126, mai 2001, p. 5-7; Dean D. Metcalfe et coll. : « Assessment of the Allergenic Potential of Foods Derived from Genetically Engineered Crop Plants », *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 36, 1996, p. 165-186.

29. Commissariat général du plan, *op. cit.*, p. 196

Origine du gène
et allergénicité

L'origine du gène a une certaine importance ici. S'il provient d'un organisme reconnu pour causer des réactions allergiques, il y a risque de transférer l'allergénicité elle-même dans le nouvel organisme. Un cas souvent cité est celui d'un soya transgénique auquel on a voulu transférer un gène de la noix du Brésil en vue d'en enrichir la valeur nutritive (production de méthionine); ce soya aurait pu constituer un danger important pour les personnes allergiques à la noix de Brésil, s'il avait été commercialisé. L'évaluation de son potentiel allergène par des tests connus a permis de repérer le danger, en 1996, et cette variété de soya n'a pas été mise en marché³⁰. Quand un transfert de gènes se fait à partir d'un organisme reconnu comme allergène, les organismes d'approbation, comme la Food and Drug Administration (FDA) aux États-Unis, préfèrent tenir pour acquis que le risque d'allergie a été transféré en même temps et exigent une preuve de non-allergénicité avant d'accorder leur autorisation.

Gènes provenant
d'organismes qui
ne font pas partie
de l'alimentation

Lorsque le transgène provient d'une source qui n'a pas d'histoire d'allergénicité connue, le caractère allergène de la nouvelle protéine ne peut pas être automatiquement écarté. Certains transgènes sont en effet empruntés à des espèces végétales ou animales qui ne font pas partie du régime alimentaire humain, d'autres à des virus et à des bactéries. Or, avec le développement de nouvelles variétés transgéniques, le nombre de ces nouvelles protéines est appelé à croître. Après une imposante revue de la littérature scientifique sur la question, le groupe d'experts de la Société royale du Canada a pu écrire :

« La génération actuelle d'aliments génétiquement modifiés approuvés pour fins d'alimentation humaine ne semble toutefois pas comporter un potentiel important de réactions allergiques. En fait, il n'existe aucun rapport attestant l'attribution de réactions allergiques aux aliments GM présentement sur le marché en raison de la présence de protéines transgéniques. Le risque potentiel de développement de réactions toxiques ou allergiques aux aliments génétiquement modifiés s'intensifiera probablement avec l'élargissement de l'ampleur et de l'éventail des modifications génétiques, de la diffusion élargie des aliments génétiquement modifiés, de l'exposition accrue aux protéines nouvelles, de l'introduction d'une plus grande variété de ces aliments et de combinaisons transgéniques plus innovatrices³¹. »

Après avoir examiné les limites de chacun de ces tests, un comité de scientifiques du National Research Council américain sur les plantes transgéniques recommandait, en 2000, que priorité soit accordée au développement de nouvelles méthodes améliorées pour détecter des allergènes possibles³².

2.2.3 Effets pléiotropiques

Modifications
imprévues dans la
composition de
l'aliment

Le succès des tests classiques d'évaluation de la toxicité et de l'allergénicité des aliments dépend de la capacité d'identifier les substances à risque. Le risque peut cependant provenir d'effets imprévus, dits pléiotropiques, de la transgénèse.

30. J. A. Nordlee et coll., « Identification of a Brazil Nut Allergen in Transgenic Soybeans », *New England Journal of Medicine*, 334, 1996, p. 688-692.

31. Rapport du groupe d'experts de la Société royale du Canada, p. 59.

32. National Research Council, *Genetically Modified Pest-Protected Plants*, p. 7.

Origines	Les effets pléiotropiques sont dus en bonne partie au fait que les gènes agissent rarement de façon isolée, mais qu'ils s'insèrent dans un réseau de relations complexes et encore mal connues avec d'autres gènes, ainsi qu'avec l'environnement cellulaire dans lequel ils s'expriment. L'action du gène d'intérêt peut ainsi affecter plus globalement la composition de l'aliment, tant sur le plan nutritif que sur celui de la toxicité et de l'allergénicité.
Fréquence	La fréquence de ces événements est encore mal connue. Quelques cas ont été rapportés dans la littérature à propos de variétés de plantes transgéniques expérimentales ainsi que de variétés commercialisées. Ainsi, une étude mexicaine sur une variété de tabac modifiée pour produire une protéine insecticide a décelé des effets collatéraux sur la croissance et la floraison de la plante³³. L'apparition de telles modifications imprévues n'est pas propre à la transgénèse; elle est constatée dans le cas d'hybridations traditionnelles. Des variétés de pommes de terre et de céleri ainsi obtenues ont été retirées du marché pour des raisons de cet ordre³⁴. Des effets délétères peuvent se produire, notamment s'il y a surexpression d'une protéine existante ou d'un autre constituant toxicologiquement actif, augmentant le degré d'exposition de ces substances dans l'alimentation. D'autres modifications peuvent entraîner une réduction de la valeur nutritive de certains aliments.
L'insertion aléatoire du gène	Une partie des effets non désirés est attribuable à l'insertion aléatoire du gène d'intérêt dans le génome récepteur. En transgénèse végétale, les méthodes de transfert les plus couramment utilisées ne permettent pas de prédire avec précision où se logera le nouveau gène. Différentes cellules hôtes n'auront pas le gène d'intérêt localisé au même endroit. Plusieurs l'auront en plus d'un exemplaire. L'expression du gène peut varier, ou même ne pas se produire, selon l'endroit où a lieu l'intégration. De plus, l'insertion peut provoquer certaines modifications dans les nucléotides adjacents au lieu d'insertion. Les changements produits ne sont pas nécessairement nocifs pour la plante ou pour l'être humain; ils peuvent être neutres, ou sans conséquence. Ainsi, des analyses plus poussées des deux segments supplémentaires de paires de nucléotides qui ont été détectés tardivement dans une lignée de soya commercialisée par la firme Monsanto, à l'été 2001, ont pu démontrer que ces segments n'entraînaient la synthèse d'aucune protéine additionnelle.
Débat sur le promoteur 35S	Une autre des conséquences de l'insertion aléatoire du gène d'intérêt est que son promoteur a la possibilité d'agir parfois sur d'autres gènes que le gène d'intérêt. Un promoteur est une séquence de nucléotides qui a pour fonction de permettre l'expression du gène. Certains promoteurs insérés dans la construction génétique ont des propriétés différentes de celles des promoteurs originaux du gène d'intérêt ou du gène marqueur. C'est le cas notamment du 35S qui appartient au virus de la mosaïque du chou-fleur. Ce promoteur a fait l'objet d'une controverse entre chercheurs, notamment dans les pages de la revue <i>Nature</i>

33. Rafael Gutiérrez-Campos et coll., « Pleiotropic Effects in Transgenic Tobacco Plants Expressing the Oryzacystin I Gene », *HortScience*, 36, 2001, p. 118-119.

34. Rapport du groupe d'experts de la Société royale du Canada, p. 18.

En 1998, Arpad Pusztai était chercheur au Rowett Research Institute d'Aberdeen, en Écosse. Avec la collaboration d'un collègue de l'université d'Aberdeen, Stanley Ewen, Pusztai a effectué une recherche sur la toxicité d'une variété de pomme de terre transgénique expérimentale (non encore autorisée). Cette recherche était commanditée par le ministère de l'Agriculture, de l'Environnement et des Pêches d'Écosse. Le Rowett Research Institute lui-même est un centre de recherche financé par des fonds publics, mais des entreprises (comme Monsanto) participent au financement de certains projets.

La pomme de terre étudiée par Pusztai avait été modifiée pour produire une protéine insecticide (lectine), par l'insertion d'un gène appartenant au perce-neige. Pour en tester la toxicité, le chercheur a nourri des rats avec une diète exclusivement composée de cette pomme de terre modifiée (crue ou bouillie); puis il a analysé différents effets sur le système digestif et le système immunitaire des animaux. Les résultats obtenus ont été comparés avec ceux de deux groupes contrôles. Dans le premier, les rats étaient nourris de pommes de terre n'ayant subi aucune modification. Dans le second, les rats étaient nourris de pommes de terre non transgéniques, mais dans lesquelles on avait injecté de la lectine. Après seulement dix jours, les rats nourris aux pommes de terre transgéniques présentaient des signes de dommages physiologiques : hypertrophie de parties de l'intestin, réduction du nombre de lymphocytes (globules blancs). Ces dommages étant plus prononcés que chez les rats des deux groupes de contrôle, Pusztai et Ewen ont conclu que c'est la construction génétique elle-même qui était en cause, plutôt que la seule production accrue de lectine. Une des composantes de la construction génétique utilisée, le promoteur 35S de la mosaïque du chou-fleur, était particulièrement mise en cause. Comme ce gène promoteur est très fréquemment utilisé en transgénèse végétale, cette « découverte » pouvait avoir une portée beaucoup plus large que celle de l'expérience elle-même.

Les résultats n'ont pas été publiés immédiatement dans une revue scientifique avec comité de pairs. Ils ont d'abord été rendus publics dans les médias, lors d'une conférence de presse, puis dans des entrevues à la télévision. Pusztai y prenait notamment parti contre la diffusion des OGM, en raison des dangers qu'ils pouvaient représenter pour la santé humaine. Quelques jours plus tard, Arpad Pusztai était accusé de falsification, puis congédié. Peu après, un comité de soutien se formait et une pétition circulait dans différents milieux, pour réclamer la réhabilitation du chercheur. Sans endosser nécessairement ses travaux, plusieurs scientifiques allaient prendre position en faveur de Pusztai, indignés par la façon dont l'homme avait été traité. En mars 1999, Pusztai était invité à présenter ses recherches à la Commission des sciences et des techniques du Parlement britannique. Une évaluation faite par la Royal Society devait cependant mettre en évidence de nombreux vices méthodologiques dans la planification, l'exécution et l'analyse des résultats. En octobre 1999, au nom de l'intérêt public, la revue scientifique *The Lancet* acceptait de publier une partie de ces résultats, mais assortie d'une mise en garde éditoriale précisant que ce geste ne devait pas être pris pour un jugement porté sur leur validité. Un article signé par trois autres scientifiques accompagnait celui de Pusztai et d'Ewen et critiquait en détail leur protocole expérimental. On y soulignait la faiblesse de l'échantillon (six rats seulement par groupe) et l'absence de contrôle de certaines variables déterminantes, comme la composition nutritionnelle des pommes de terre utilisées pour l'expérience (apparemment assez différente d'un groupe à l'autre), etc.

Deux ans plus tard, il est encore difficile de conclure de façon claire sur cette affaire. Le seul moyen qu'il y aurait d'établir le bien-fondé des prétentions d'Arpad Pusztai serait de reprendre ses travaux dans des conditions d'indépendance et de rigueur scientifique exemplaires³⁵.

35. Sources : *Genetically Modified Crops : the Ethical and Social Issues*, Nuffield Council on Bioethics, mai 1999; Andy Coghlan et coll., « It's That Man Again », *New Scientist*, 16 octobre 1999 p. 6; Stanley W. B. Ewen, Arpad Pusztai, « Effects of Diets Containing Genetically Modified Potatoes Expressing *Galanthus nivalis* Lectin on Rats Small Intestine », *The Lancet*, 354, 16 octobre 1999, p. 1353-4; Harry A. Kuiper et coll., « Adequacy of Methods for Testing the Safety of Genetically Modified Foods », *The Lancet*, 354, 16 octobre 1999, p. 1315-6.

Biotechnology, en 2000. Certains scientifiques³⁶, dont un Canadien de l'université de Western Ontario, réclament sa suppression pure et simple, craignant qu'il ne provoque l'expression ou la surexpression imprévue d'autres gènes que celui pour lequel on l'a intégré à l'origine (gène d'intérêt ou gène marqueur), déclenchant la synthèse de protéines aux effets indésirables, soit toxiques, soit allergènes. D'autres scientifiques³⁷ contestent cette conclusion en rappelant notamment qu'aucun effet dangereux lié au 35S n'a jamais été détecté.

Processus post-traductionnels

D'autres effets imprévisibles relèveraient de processus dits post-traductionnels. Il s'agit des modifications que subissent les protéines après traduction, c'est-à-dire après la synthèse de la protéine : glycolysation (addition de sucres), acétylation (addition de groupes acétyl à certains acides aminés), méthylation (addition de groupes méthyl). Bien que ces modifications ne soient pas propres à la transgénèse, il reste possible qu'elles diffèrent en fonction du milieu cellulaire où elles se produisent. Des protéines inoffensives dans leur environnement métabolique d'origine pourraient ainsi devenir toxiques ou allergènes dans un autre environnement.

2.2.4 Effets attribuables au gène marqueur

Utilisation du gène marqueur

En transgénèse végétale, les gènes marqueurs qui ont été traditionnellement utilisés codent pour des protéines de résistance aux antibiotiques (ampicilline ou kanamycine). Cette résistance permet de départager les cellules où l'intégration génétique a eu lieu de celles où elle ne s'est pas faite (voir chapitre 1). Les gènes marqueurs font partie de la construction génétique insérée dans le génome de l'hôte et y demeurent habituellement intégrés. Un gène marqueur étant un gène, il pourra potentiellement continuer de s'exprimer et de coder sa protéine de résistance à l'antibiotique, longtemps après qu'on n'a plus besoin de ses services, c'est-à-dire une fois effectués les tests de sélection des cellules transgéniques.

Gènes naturels de résistance aux antibiotiques

La crainte liée au gène marqueur se fonde sur la fréquence du transfert de gènes dans les bactéries. Par sélection naturelle, il y a longtemps que celles-ci développent leurs propres antibiotiques, de même que leurs propres gènes de résistance aux antibiotiques. Cette capacité de résistance, elles se la transmettent entre elles verticalement, par la reproduction, ou horizontalement, par le transfert de gènes, notamment via les plasmides. La fréquence des transferts plasmidiques explique la facilité avec laquelle les résistances acquises se transmettent dans le monde bactérien, ce qui, dans le cas des antibiotiques développés par l'homme, pose de grands problèmes thérapeutiques.

Transmission du gène aux bactéries du système digestif

Le gène de résistance à l'antibiotique pourrait se propager dans le milieu bactérien du système digestif, pour se communiquer ensuite à des bactéries pathogènes. Celles-ci deviendraient ainsi à leur tour résistantes à un ou plusieurs antibiotiques, entraînant un affaiblissement encore plus prononcé de la lutte aux infections bactériennes.

36. M.W. Ho, A. Ryan, J. Cummins, « The Cauliflower Mosaic Viral Promoter – a Recipe for Disaster? », *Microbial Ecology in Health and Disease*, 11, 2000, p. 194-197.

37. John Hodgson, « GM Health Food », *Nature Biotechnology*, 18, 3, 2000, p. 247.

L'ADN contenu dans les cellules des fruits, des légumes ou des viandes fait partie de l'alimentation humaine, dans une quantité évaluée entre 0,1 et 1 g, par jour, selon l'OMS³⁸. Cet ADN, quelle que soit sa provenance, est broyé et découpé en fragments non significatifs qui sont en partie excrétés, en partie récupérés par l'organisme comme nutriments. Des études effectuées dans les années 1970 et 1980, sur des rats et sur des ruminants, n'ont trouvé aucune indication que l'ADN pouvait survivre à la digestion³⁹. Au milieu des années 1990, des chercheurs allemands, utilisant des techniques de détection plus avancées, ont trouvé des brins d'ADN encore intacts dans les excréments de souris, jusqu'à sept heures après ingestion⁴⁰.

Le risque de propagation du gène de résistance à un antibiotique en milieu bactérien est en soi scientifiquement plausible, que ce milieu soit celui du système digestif humain ou celui du sol dans lequel est cultivée la plante transgénique. Toutefois, les conditions dans lesquelles ce phénomène peut se produire sont rarement réunies⁴¹. De plus, pour être fonctionnel, et donc éventuellement dangereux, ce gène devrait être assorti d'un promoteur approprié. Le risque n'est pas nul cependant et un projet de recherche actuellement en cours, financé par l'Union européenne et mettant à contribution des chercheurs de cinq pays, veut précisément s'attaquer à l'ensemble de la question⁴². Ce projet doit se terminer en 2003.

Il faut aussi mentionner que la fréquence des transferts naturels de gènes dépasse probablement de plusieurs ordres de grandeur le transfert engagé à partir de transgènes. De plus, « l'utilisation généralisée d'antibiotiques dans le cadre de la médecine humaine, représente probablement un risque beaucoup plus élevé pour la sélection de bactéries résistantes aux antibiotiques que le transfert de gènes marqueurs à partir de plantes⁴³ ».

On a déjà signalé (chapitre 1) que de nombreuses solutions de rechange à l'utilisation d'un gène marqueur codant pour une résistance à un antibiotique sont actuellement expérimentées dans le monde. L'élimination du gène marqueur après usage est également une piste envisagée.

2.3 Les risques environnementaux potentiels

Étant donné le type de modification génétique qui caractérise en général les OGM de première génération, l'impact environnemental potentiel des cultures transgéniques actuelles revêt une très grande importance. En effet, la production de toxines insecticides par la plante, ou encore le développement

Élimination
envisagée du gène
marqueur

La question
concerne toutes
les cultures
transgéniques

38. *Safety Aspects of Genetically Modified Foods of Plant Origin*, Organisation mondiale de la santé, Genève, mai-juin 2000, p. 11.

39. L. Maturin, R. Curtiss, « Degradation of DBNA by Nucleases in Intestinal Tracts of Rats », *Science*, 196, 1977, p. 216-218; A.B. McAllan, « The Fate of Nucleic Acids in Ruminants », *Progress in Nutritional Science*, 41, 1982, p. 309-317.

40. R. Schubert, R. Lettman, W. Doerfler, « Ingested Foreign (phage M13) DNA Survives Transiently in the Gastrointestinal Tract and Enters the Bloodstream of Mice », *Molecules, Genes and Genetics*, 242, 1994, p. 495-504.

41. « Antibiotic Genes 'Pose No Risk in GM Crops' », *BINAS Online*, septembre 2001, Francine Casse, « Le maïs et la résistance aux antibiotiques », *La Recherche*, 327, janvier 2000, p. 35-39.

42. « Safety Evaluation of Horizontal Gene Transfer from Genetically Modified Organisms to the Microflora of the Food Chain and Human Gut », J.M.B.M. van der Vossen coordonnateur, (<http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/04-food/04-07-project.html>).

43. Rapport du groupe d'experts de la Société royale du Canada, p. 53.

d'une capacité de résister à des herbicides, sont des fonctions dont l'effet recherché pourrait affecter l'environnement. Toutefois, la question du risque environnemental des OGM se pose également pour l'ensemble des cultures non transgéniques.

Un ordre de problèmes hautement complexes

Le recours à la transgénèse s'inscrit dans un ensemble de procédés et de technologies agricoles. Les risques environnementaux des OGM devraient pouvoir être évalués en termes absolus, mais aussi par comparaison avec les risques environnementaux que présentent les autres solutions disponibles. Comme tout ce qui concerne les écosystèmes, l'impact environnemental des OGM est un problème d'une grande complexité. En raison même de cette complexité, il est important de fonder l'évaluation environnementale des OGM sur des données d'observation sur le terrain. La multiplicité et l'intrication des variables en cause ne permettent pas de se contenter d'expériences en laboratoires ou en milieux de culture confinés. Des phénomènes jugés « improbables » et non observés *in vitro* peuvent se manifester au champ. Inversement, des phénomènes observés en laboratoire peuvent se révéler sans conséquences notables dans l'environnement.

Le cas de la Farm-Scale Evaluation

Le projet Farm-Scale Evaluation, une recherche longitudinale de quatre ans qui se déroule en Angleterre, vise à identifier les effets sur l'environnement de cultures transgéniques (maïs, betterave, colza) à grande échelle, et à les comparer avec ceux de cultures non transgéniques. Cette recherche de 6,4 millions de dollars (US), financée par le gouvernement britannique et mettant à contribution une centaine de scientifiques, doit permettre de guider la réglementation britannique en matière de cultures transgéniques. Or, depuis le début, elle fait l'objet de contestations⁴⁴. Devant cette controverse, une nouvelle agence, l'Agriculture and Environment Biotechnology Commission, recommande la poursuite de la recherche, mais assortie de précautions supplémentaires; elle presse aussi le gouvernement de faire preuve de plus de transparence dans le dossier et de fournir une meilleure information au public⁴⁵.

Principaux risques environnementaux

Les sections qui suivent permettront de présenter les principaux risques environnementaux potentiels liés aux cultures transgéniques, en tentant de dégager ce qui peut être dit à propos de ces risques sur le plan scientifique. Seront examinés tour à tour :

- la modification de la rhizosphère (environnement immédiat des racines de la plante), y compris le transfert horizontal de gènes à des bactéries du sol (2.3.1);
- la propagation indésirable de la plante transgénique elle-même (2.3.2);
- la diffusion de gènes de la plante transgénique à des plantes nuisibles ou sauvages qui lui sont apparentées (2.3.3);
- l'apparition d'insectes résistants aux insecticides (2.3.4);
- les torts causés à des espèces végétales ou animales non ciblées et autres effets négatifs sur la biodiversité (2.3.5).

44. Voir Trisha Gura, « The Battlefields of Britain », *Nature*, 412, 23 août 2001, p. 760-763.

45. Agriculture and Environment Biotechnology Commission, *Crops on Trial, A Report by the AEBC*, septembre 2001.

2.3.1 Risques de modification de la rhizosphère et transfert de gènes aux bactéries du sol

La rhizosphère

Le terme de rhizosphère désigne le micro-environnement des racines d'une plante, c'est-à-dire la partie du sol qui est en contact immédiat avec les racines. Elle est riche en composés organiques et constitue un milieu favorable au développement d'une population microbienne abondante (bactéries, protozoaires, champignons microscopiques, etc.). Cette population varie cependant en fonction de différents facteurs, notamment les stades du cycle de croissance de la plante. Les micro-organismes de la rhizosphère ont un effet direct sur la biodisponibilité des nutriments de la plante dans le sol.

Plusieurs des variétés de pesticides utilisés de nos jours sont des composés organiques susceptibles d'être dégradés par les micro-organismes du sol. La toxicité de certains pesticides peut affecter les populations microbiennes et avoir des impacts physico-chimiques sur la composition du sol et le développement de la plante. Des facteurs comme la nature du composé et la dose utilisée, la méthode d'application et le type de sol influencent ces impacts.

Toxines Bt dans le sol

Les toxines Bt synthétisées par les plantes GM se dégradent aussi vite que celles qu'on retrouve dans les insecticides biologiques à base de Bt. Mais contrairement à celles-ci, elles sont produites pendant toute la durée de vie de la plante. Une certaine quantité de ces toxines entre dans le sol par le chemin des racines. Une autre partie est relâchée après la récolte, lors de la décomposition de la plante. Comme elles peuvent demeurer présentes pour un temps indéterminé dans les résidus de la plante, ce phénomène peut créer un effet de bioaccumulation de toxines dans l'environnement. Les données scientifiques manquent cependant pour évaluer les conséquences écologiques de ce phénomène⁴⁶.

Les toxines de Bt sont biodégradables, c'est-à-dire que ces protéines sont brisées par des bactéries qui se nourrissent de leurs différents composants. Une protéine peut se fixer à l'argile ou au terreau, ce qui risque de retarder sa dégradation, parfois jusqu'à plusieurs mois. Ce phénomène de persistance se produit également dans le cas d'autres produits chimiques comme les pesticides classiques. Il est difficile de déterminer quels effets peuvent avoir la dissémination et la persistance des toxines Bt dans la flore microbienne de la rhizosphère, ni quelles conséquences elles pourraient avoir sur les cycles de l'azote, ou sur la fertilité du sol. Les recherches menées depuis quelques années n'ont pas identifié de détériorations significatives sur ce plan. Il en est de même des modifications que la présence de la protéine toxique pourrait entraîner sur la structure biogéochimique du sol⁴⁷.

Transfert horizontal aux bactéries du sol

La présence dans le sol de molécules d'ADN soulève un autre problème que celle de la toxine elle-même. Le risque de transfert du gène marqueur de résistance à un antibiotique, déjà mentionné pour ses impacts possibles sur la santé humaine, se pose également à propos des bactéries du sol. Mais, si les transferts horizontaux de gènes entre bactéries, ou des bactéries aux plantes, sont des phénomènes fréquents, aucun cas de transfert direct de gènes des plantes aux

46. Wolfenbarger, *op. cit.*, p. 2089.

47. Rapport du groupe d'experts de la Société royale du Canada, p. 121-123.

bactéries du sol n'a encore été identifié⁴⁸. Toutefois, lorsqu'ils se décomposent dans le sol après la récolte, les résidus de la plante y laissent des brins d'ADN. Comme les toxines mentionnées plus haut, ces brins d'ADN peuvent se stabiliser par absorption de polymères ou de particules du sol, ce qui les rendrait disponibles pour un certain temps à une intégration par des bactéries. Ce processus dépend de la présence d'une série de facteurs favorables (conditions du sol, possibilités de recombinaison de l'ADN non dégradé, etc.) qui ne sont pas fréquents. Même dans des conditions optimales en laboratoire, le phénomène se produit de façon extrêmement rare⁴⁹. Le risque de transfert à une bactérie du sol d'un gène fonctionnel, comme le gène marqueur de résistance à un antibiotique, a été évalué à 1×10^{-13} dans un cadre *in vitro* (une chance sur dix millions de millions) et à 1×10^{-16} en champ (une chance sur dix mille millions de millions)⁵⁰.

Effet de la sélection naturelle

Advenant qu'un tel transfert se produise, il faudrait pouvoir évaluer l'effet que la sélection naturelle pourrait avoir sur les bactéries porteuses du nouveau gène.

« Depuis dix ans environ, les chercheurs consacrent presque tous leurs efforts à découvrir si les transgènes et les marqueurs de résistance aux antibiotiques chez les végétaux et les animaux seront ou non transférés aux bactéries dans l'environnement. Presque aucun effort n'a été consacré afin de déterminer si les gènes seront ou non sélectionnés dans l'environnement naturel et s'ils présenteront ou non un risque [...] À ce jour, il a été impossible de démontrer que le transfert latéral de gènes des cultures transgéniques à la microflore naturelle des sols a eu un impact important sur la qualité des sols ou l'écologie fonctionnelle [...] »

« Bien que les risques potentiels posés par un transgène justifient les coûts de la recherche, des évaluations individuelles doivent être effectuées sur le potentiel d'un transfert de gènes et sur la sélection. Ces études devraient mettre l'accent sur les moyens probables de sélection des transgènes à la suite d'un transfert et sur la manière dont cette sélection peut affecter les flores microbiennes ciblées et non ciblées. Sans la sélection, le transfert latéral de gènes ne comporte que peu de conséquences⁵¹. »

2.3.2 *Risque de diffusion indésirable des végétaux transgéniques dans l'environnement*

Le risque d'une super-mauvaise herbe

L'apparition éventuelle d'une super-mauvaise herbe (superweed) difficile à enrayer fait partie des craintes les plus souvent exprimées à propos des impacts environnementaux des OGM. Cette menace pourrait se manifester de deux façons : la plante transgénique elle-même deviendrait envahissante; ou encore elle « polluerait » génétiquement des plantes non transgéniques qui pourraient ensuite se révéler nuisibles (section suivante).

48. Voir, par exemple, « Analysis of Gene Transfer Between Micro-organisms and Plants », C.J. Thompson, coordonnateur, (<http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/01-plants/01-01-project.html>).

49. Franck Bertola, Elisabeth Kay, Pascal Simonet, « Potential Dissemination of Antibiotic Resistance Genes From Transgenic Plants to Microorganisms », *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 2000, p. 390-3. D'autres recherches sont parvenues aux mêmes conclusions.

50. Liam Donaldson, Robert May, *Health Implications of Genetically Modified Foods*, Department of Health, UK, mai 1999, p. 9.

51. Rapport du groupe d'experts de la Société royale du Canada, p. 126-7.

Les espèces cultivées se propagent mal dans la nature

Dans le premier cas, ce sont les resemis de certaines plantes transgéniques qui pourraient proliférer et devenir des mauvaises herbes. Toutefois, il a été confirmé expérimentalement que la plupart des espèces concernées, assujetties à une sélection artificielle intense depuis longtemps, n'ont qu'une valeur de survivance infime dans des conditions naturelles⁵². Le fait que de nombreuses cultures soient basées sur des espèces importées et que ces espèces aient été sélectionnées pour favoriser souvent des caractères souhaités par l'homme, mais défavorables en termes de compétitivité écologique, constitue « une marge de sécurité notable⁵³ ».

Quelques espèces cultivées sont naturellement envahissantes. C'est le cas en particulier du colza dont les resemis doivent être éliminés par des herbicides sélectifs. Or, trois catégories de colza résistants aux herbicides sont cultivées sur de grandes surfaces dans l'Ouest canadien. Certaines études ont montré que des croisements non intentionnels entre ces différentes variétés ont donné lieu à l'apparition de colza résistant à deux, parfois à trois herbicides⁵⁴.

« Cette accumulation de gènes représente un développement important puisque pour contrôler les resemis végétaux de colza résistants aux herbicides, les agriculteurs doivent utiliser d'anciens herbicides, dont certains sont moins respectueux de l'environnement que les nouveaux produits. Cet exemple relatant l'origine du colza résistant à de multiples herbicides illustre la nature dynamique de l'évolution des plantes nuisibles dans les agrosystèmes dirigés. Il démontre aussi que les végétaux cultivés peuvent devenir des plantes nuisibles dans le secteur de l'agriculture lorsque les circonstances appropriées de sélection prévalent⁵⁵. »

2.3.3 Risques liés aux flux de gènes des cultures transgéniques

Flux de gènes dans la nature

Ces risques concernent des espèces sauvages, apparentées aux plantes transgéniques cultivées, dont certaines pourraient devenir nuisibles. Le processus en cause, appelé « flux de gènes » est une dissémination des gènes dans la nature, y compris des gènes nouveaux intégrés à la plante par transgénèse. Le pollen est le vecteur privilégié du flux de gènes végétaux; il est transporté par le vent ou les insectes pollinisateurs.

Un phénomène connu et fréquent

Les croisements entre plantes d'espèces apparentées sont relativement fréquents dans la nature et donnent lieu à des hybridations qui peuvent être viables ou non. Les facteurs en cause sont multiples et dépendent à la fois des propriétés de chacune des plantes, de celles de leur milieu, ainsi que de la forme que prendra l'expression du gène et de ses effets dans chaque contexte particulier.

Le flux de gènes est inévitable lorsqu'une plante cultivée en champ compte des espèces proches parentes dans le voisinage. Dans certaines régions, une possibilité d'hybridation naturelle existe entre douze des treize plus importantes plantes cultivées dans le monde, notamment le blé, le riz, le maïs, le soya,

52. Voir : M.J. Crawley et coll., « Transgenic Crops in Natural Habitat », *Nature*, 409, 8 février 2001, p. 682-3.

53. Commissariat général du plan, *op. cit.*, p. 201.

54. Notamment R.K. Downey, « Gene Flow and Rape – the Canadian Experience », *Gene Flow and Agriculture : Relevance for Transgenic Crops*, British Crop Protection Council, 1999, p. 109-116.

55. Rapport du groupe d'experts de la Société royale du Canada, p.135.

l'orge, le coton et des espèces sauvages apparentées. Une étude américaine sur les échanges de gènes entre le radis sauvage et le radis cultivé montre que les hybrides acquièrent des caractéristiques nouvelles et des gains adaptatifs qui peuvent accroître leur nocivité⁵⁶. Une étude sur le croisement du sorgho et du *Sorghum halepense* (Johnsongrass) qui lui est apparenté, a donné des résultats similaires⁵⁷. Quelques rares cas de flux de gènes de plantes cultivées (non transgéniques) vers des espèces sauvages ont favorisé l'apparition de nouvelles variétés de mauvaises herbes⁵⁸. Ce problème se produit à la condition que les espèces sauvages poussent dans le même voisinage. Le maïs, le soya, la tomate et la pomme de terre cultivés au Canada n'ont pas d'équivalents sauvages à proximité qui favoriseraient le transfert de gènes.

Chaque culture GM et chaque combinaison transgénique doit être examinée individuellement, en tenant compte des attributs du cycle biologique des complexes culture-plante nuisible et du contexte écologique existant⁵⁹. Dans une région où une plante cultivée côtoie une plante sauvage apparentée, les possibilités de transfert de gènes peuvent être importantes et difficiles à contenir. Le colza peut se croiser avec d'autres espèces crucifères sauvages telles que la ravenelle, la roquette bâtarde ou la moutarde des champs. Une étude européenne, effectuée au début des années 1990, concluait que le transfert de gènes du colza vers des plantes sauvages apparentées était possible, mais que les hybrides étaient souvent stériles, et donc que la probabilité de propagation des transgènes sous cette forme dans l'environnement était peu vraisemblable⁶⁰.

Conditions
d'apparition d'une
super-mauvaise
herbe

Le risque d'un flux de gènes vers les espèces sauvages ne conduit pas nécessairement à l'apparition d'une « super-mauvaise herbe ». Les conditions suivantes doivent être réunies :

- la plante sauvage compatible doit se trouver dans le voisinage (à portée de pollinisation);
- elle doit connaître sa période de floraison en même temps que se fait la pollinisation de l'espèce cultivée;
- la fertilisation doit pouvoir s'effectuer (ce qui n'est pas automatique);
- les graines doivent être viables et avoir la possibilité de germer;
- la progéniture de la nouvelle variété hybride doit se trouver dans un milieu où elle pourra survivre et continuer de se reproduire;
- le nouvel hybride doit avoir acquis un net avantage sur les autres, que ce soit par l'effet du transgène lui-même ou par celui d'un (ou de quelques-uns) des milliers d'autres gènes hérités de la plante cultivée d'origine.

56. « Radish's Weedy Relatives », *BINAS Online*, août 2001.

57. Norman C. Ellstrand, « When Transgenes Wander, Should We Worry? », *Plant Physiology*, 125, avril 2001, p. 1544.

58. Wolfenbarger, *op. cit.*, p. 2088.

59. Rapport du groupe d'experts de la Société royale du Canada, p. 140, 142-3.

60. « Study of Gene Dispersal from Plants Produced by Recombinant DNA Technology », P.J. Dale, coordonnateur, (<http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/01-plants/01-06-project.html>).

Les recherches existantes n'ont encore rien signalé

La possibilité d'une apparition de mauvaises herbes résistantes dans le voisinage des champs de cultures transgéniques a fait l'objet de certaines études. Une recherche en cours, financée par la Communauté européenne, étudie les conditions et les répercussions d'un transfert possible de gènes de trois variétés de blé résistant à un herbicide vers des plantes sauvages avoisinantes⁶¹. D'autres recherches ont lieu, notamment sur le colza et la betterave, dans certaines régions de France⁶².

Le risque pourrait s'accroître dans l'avenir

Un comité d'experts du National Research Council américain conclut une revue de littérature extensive sur le sujet en écrivant qu'il est prématuré de prédire l'impact écologique du flux de gènes provenant de cultures transgéniques. À court terme, on considère peu vraisemblable que l'introduction de quelques gènes de résistance à des insectes, par exemple, puisse entraîner l'apparition d'espèces sauvages envahissantes. À plus long terme cependant, il y a risque que l'accumulation dans les cultures transgéniques de gènes codant pour des caractéristiques comme une résistance à un vaste éventail d'insectes et de pathogènes, ou une tolérance accrue au froid, au temps sec ou à la salinité du sol, entraîne des « problèmes coûteux et dommageables pour l'environnement, si ces gènes se communiquent à des espèces nuisibles déjà difficiles à contrôler⁶³ ». De plus amples recherches s'imposent donc sur les risques liés aux flux de gènes, en général, mais surtout pour chaque culture particulière dans un type d'environnement donné.

Flux de gènes vers des variétés non transgéniques

Un flux de gènes d'une variété transgénique vers une variété non transgénique de la même plante est également possible. Il suffit qu'un champ de colza ou de maïs GM pousse à proximité d'un champ de colza ou de maïs ordinaire pour qu'une fertilisation croisée ait lieu. Il faut prendre des précautions particulières pour assurer une ségrégation efficace des récoltes.

« Dans ce domaine, de nombreux travaux ont cherché à préciser l'importance de cette dissémination, en utilisant des OGM ou d'autres gènes marqueurs. Les scientifiques disposent en effet de divers outils pour modéliser ces phénomènes, à partir d'observations de terrain. Sans rentrer dans une discussion détaillée, on peut dire que ces modèles rendent assez bien compte de la dispersion du pollen à courte distance, dans des milieux relativement homogènes comme une parcelle de culture, mais qu'ils peinent, et sans doute pour longtemps, à prédire ce qui peut se passer dans un environnement réel, modelé par des haies, des talus, des chemins et à des distances plus importantes. L'intervention d'animaux pour transporter le pollen (insectes) ou les graines (oiseaux, rongeurs) est également difficilement modélisable. De ce fait, il est aisé de définir au moins à court terme, des distances, généralement de quelques dizaines de mètres, au-delà desquelles la dispersion du pollen ne conduira pas à féconder plus de 1 à 2 % des fleurs, et d'estimer plus grossièrement l'isolement nécessaire pour être proche d'un seuil de 0,1 %. Il est par contre impossible de prétendre définir ainsi les conditions d'un risque zéro⁶⁴ ».

61. « Safety Assessment of the Release of Transgenic Crops : Spread of Herbicide Resistance Genes from Wheat and Foxtail Millet to Weedy Species », H. Darmency, coordonnateur, (<http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/01-plants/01-03-project.html>).

62. Comme le projet de recherche VRTP IMPACT, coordonné par Mark Tepfer de l'INRA, qui analyse la diffusion d'un gène de résistance à un virus chez ces deux espèces de plantes, (<http://www.epsoweb.org/Catalog/EU/fp5/VRTP.htm>).

63. Natural Research Council, *Genetically Modified Post-Protected Plants*, p. 89.

64. Commissariat général du plan, *op. cit.*, p. 203.

L'AFFAIRE DU MAÏS STARLINK

La protéine Cry9C partage certaines caractéristiques physico-chimiques avec des protéines alimentaires reconnues comme allergènes. C'est pourquoi, le maïs transgénique StarLink qui contient cette protéine n'a été autorisé par l'EPA américaine en mai 1998 (et sub-séquentiellement en 1999 et 2000) que pour l'alimentation animale, les utilisations industrielles non alimentaires et la production de semences.

En septembre 2000, des associations de consommateurs et des groupes environnementaux annonçaient que certains aliments fabriqués avec du maïs, notamment des coquilles à tacos, contenaient des traces de Cry9C ou encore de l'ADN codant cette protéine. Cette découverte a suscité un certain émoi dans l'opinion publique. La Food and Drug Administration (FDA) a aussitôt demandé un rappel volontaire des aliments concernés. Et bien qu'on ne sache pas précisément par quelle(s) voie(s) a pu se produire cette « contamination », la compagnie Aventis, qui commercialise le StarLink, a dû indemniser les agriculteurs dont les cultures avaient pu être contaminées par cette variété transgénique. Santé Canada n'a pas approuvé cette variété de maïs Bt, ni à des fins agricoles ni à des fins industrielles. Cependant, des traces du StarLink ont été retrouvées au Canada, dans des produits alimentaires ainsi que dans des cargaisons de semences.

En octobre 2000, la FDA requérait l'expertise des Centers for Disease Control and Prevention (CDC) pour évaluer les effets allergènes réels de cette protéine non autorisée. Les CDC ont examiné 17 personnes qui ont dit souffrir d'une réaction allergique, mais les tests se sont révélés négatifs⁶⁵.

La compagnie Aventis, qui a dû assumer une partie importante du coût des rappels et des indemnités, a tenté d'obtenir de l'EPA que soit fixé un seuil de tolérance admissible de la protéine Cry9C dans l'alimentation humaine : 20 parties par milliard. Selon la méthode utilisée, le niveau de « contamination » du StarLink se situerait entre 0,3 et 8 parties par milliard. L'EPA a refusé, sur la recommandation d'un comité d'experts, alléguant qu'il demeurerait encore trop d'incertitudes à propos du potentiel allergène de la protéine.

L'affaire du maïs StarLink soulève la difficulté que pose la ségrégation des cultures approuvées ou non approuvées pour consommation humaine, ainsi que celle des cultures transgéniques ou non transgéniques, tout au long du cycle qui va de la production des semences à la mise en marché des aliments.

Dans ces conditions, mieux évaluer les risques de flux de gènes apparaît un enjeu majeur. Ainsi, la fertilisation croisée est un des facteurs possibles de la « contamination » du maïs StarLink découverte à l'automne 2000 (voir encadré). De plus, si la culture en champ de plantes transgéniques synthétisant des substances pharmaceutiques ou industrielles est autorisée, le risque de voir les gènes codant pour ces propriétés se répandre dans les cultures destinées à l'alimentation humaine pourrait renforcer le besoin d'évaluer rigoureusement les impacts sur la santé et sur l'environnement.

2.3.4 Risque d'apparition d'insectes résistants aux insecticides

À la suite de l'ingestion répétée de Bt, certains insectes, pourraient s'adapter aux toxines et développer contre elles une résistance. Ce problème n'est pas propre aux plantes transgéniques mais concerne tous les modes de cultures utilisant le Bt comme insecticide.

65. CDC, Environmental Health, *Investigation of Human Health Effects Associated with Potential Exposure to Genetically Modified Corn, Safer, Healthier, People*, A Report to the U.S. Food and Drug Administration from the Centers of Disease Control and Prevention (EPA), Washington D.C., 11 juin 2001, (<http://www.cdc.gov/nceh/ehhe/Cry9cReport/cry9creport.pdf>).

Dans des conditions de laboratoire, une quinzaine d'insectes différents ont acquis une résistance au Bt naturel après une exposition prolongée à ces toxines. Un seul cas de résistance en champ a été rapporté, celui de la teigne des crucifères (*Plutella xylostella*)⁶⁶, dont des populations résistantes ont été découvertes dans certaines régions du Pacifique, de même qu'en Floride et dans l'État de New York. Aucune donnée ne permet de croire que la résistance ait pu se produire au contact de plantes transgéniques dans leur milieu de culture⁶⁷. Le risque d'apparition d'une pareille mutation dans la population d'insectes pourrait cependant s'accroître avec l'expansion des cultures transgéniques Bt.

« Outre le fait que les plantes transgéniques n'expriment qu'une seule toxine, ce qui facilite l'apparition d'individus résistants, la pression de sélection sur les insectes est plus forte avec les plantes transgéniques que lors d'une pulvérisation de *Bacillus thuringiensis*. En effet, dans le premier cas, les ravageurs sont soumis à la toxine en permanence, alors que le rayonnement solaire ultraviolet détruit rapidement les cristaux de Bt après un épandage⁶⁸. »

Le risque possible de l'apparition d'insectes résistants, de même que l'obligation qui en découle d'accroître l'usage d'insecticides classiques, plus dommageables pour l'environnement, ont incité les autorités gouvernementales à prendre des mesures de précaution. Il existe des programmes de dépistage des insectes résistants au Bt, au Canada et aux États-Unis. Des stratégies de cultures mixtes sont également préconisées : des zones de plantation non transgénique sont volontairement entretenues dans les environs immédiats d'une plantation transgénique. On appelle ces zones des « aires de refuge », parce qu'une partie des insectes nuisibles peuvent s'y reproduire sans être affectés par l'insecticide. La population qui n'est pas exposée directement au Bt est donc moins susceptible de développer une résistance aux toxines. Les insectes des aires de refuge pourront se croiser avec ceux qui ont survécu au Bt et qui ont pu développer cette résistance. Parce que la présence du gène de résistance se trouve ainsi diluée dans une population plus importante, le risque de voir ce gène se généraliser aux générations futures est moins grand que si on laissait les insectes qui ont survécu au Bt se croiser entre eux.

En janvier 2000, l'Environment Protection Agency américaine édictait un règlement stipulant que pas plus de 80 % d'une surface de culture de maïs ne devait contenir de variété Bt. Différentes études ont montré que ce type de stratégie peut avoir un effet de ralentissement significatif sur le rythme d'adaptation des insectes ravageurs aux toxines du Bt. Il reste cependant à déterminer si le gène de résistance à ce type d'insecticide est dominant ou récessif, car la réponse à cette question peut avoir des conséquences importantes sur l'efficacité à long terme de stratégies comme celle des aires de refuge⁶⁹.

66. B.E. Tabasnik et coll., « Field Development of Resistance to *Bacillus Thuringiensis* in Diamondback Moth (*Lepidoptera : Plutellidae*) », *Journal of Economic Entomology*, 83, 1990, p. 1671-1676.

67. *Bacillus thuringiensis Plant-Pesticides*, US Environmental Protection Agency, p. 14.

68. Denis Bourguet, Josette Chaufaux, « Bt : les insectes font de la résistance », *Biofutur*, 2000, p. 42.

69. *Ibid.*, p. 42-45.

2.3.5 Risque d'effets négatifs sur la biodiversité

Agriculture et
biodiversité

Depuis les origines, l'agriculture est une des activités humaines qui a le plus d'impact sur l'environnement et sur la transformation des écosystèmes. Au cours du dernier demi-siècle, la Révolution verte et l'intensification des cultures semblent avoir encore accru cet impact. Les conséquences sur la biodiversité sont difficiles à évaluer. Une étude récente du Programme environnemental des Nations Unies signale que le rythme d'extinction des espèces sur la terre ne cesse de s'accroître depuis 1600 et qu'il atteindrait cent fois le taux naturel. Cette accélération serait attribuable à la pression que l'expansion démographique exerce continuellement sur le système de production alimentaire⁷⁰. Des prévisions assez alarmantes sont souvent énoncées à propos du recul des territoires forestiers au profit des terres agricoles et sur la menace que ce problème fait planer sur le maintien de la biodiversité de la faune et de la flore⁷¹.

L'épandage massif de pesticides a un effet de réduction sur des populations végétales et animales qui interagissent avec les agrosystèmes : c'est précisément le but recherché. Les conséquences sur les populations non ciblées de plantes, d'insectes, d'oiseaux et d'autres espèces sauvages ont fait l'objet de plusieurs travaux⁷².

Impact sur le stock
génétique de la
biosphère

En revanche, les connaissances acquises sur la biodiversité et ses aspects génétiques ne sont pas assez avancées pour qu'on puisse prédire avec confiance les effets réels de la modification transgénique de certaines espèces cultivées. Des études portant sur la fertilisation croisée d'espèces cultivées (non transgéniques) indiquent que dans certains cas, l'apport de nouveaux gènes peut fragiliser davantage les espèces sauvages en voie de disparition⁷³. Le même phénomène peut donc théoriquement se reproduire dans le cas des plantes transgéniques. Un projet de dix ans en Angleterre sur différentes parcelles expérimentales de colza, de maïs, de betteraves et de pommes de terre, n'a pas permis de déceler d'effets mesurables sur les espèces sauvages environnantes⁷⁴. Récemment, au Mexique, une étude effectuée par deux chercheurs américains a décelé la présence d'ADN de maïs transgénique dans des souches de maïs sauvage. L'étude ne permet pas de déterminer si ce phénomène est en progression ou non, ni quelles conséquences il pourrait avoir sur la survie de ces variétés de maïs sauvage⁷⁵.

Biodiversité des
espèces cultivées

La question de la biodiversité ne se pose pas seulement dans le cas des espèces sauvages; il existe une biodiversité des espèces domestiquées et cultivées. Le développement des biotechnologies pourrait renforcer une certaine tendance à

70. Voir Anthony J. Trewavas, « The Population/Biodiversity Paradox. Agricultural Efficiency to Save Wilderness », *Plant Physiology*, 125, Janvier 2001, p. 174-179; F. Stuart Chapin III et coll., « Consequences of Changing Biodiversity », *Nature*, 403, 11 mai 2000, p. 234-242.

71. Voir notamment W. Wayt Gibbs, « On the Termination of Species », *Scientific American*, Novembre 2001, p. 41-49.

72. Voir notamment M. Bergon, J. Harper, C.R. Townsend, *Ecology, Individuals, Populations and Communities*, Blackwell Science, 1990; M.R. Speight, M.D. Hunter, A.D. Watt, *Ecology of Insects, Concepts and Applications*, Blackwell Science, 1999.

73. Voir Ellstrand, *op. cit.*, p. 1544; Diana E. Wolf et coll., « Predicting the Risk of Extinction Through Hybridization », *Conservation Biology*, 15, 2001.

74. Crawley, *op. cit.*

75. David Quist, Ignacio H. Chaela, « Transgenic DNA Introgressed into Traditional Maize Landraces in Oaxaca, Mexico », *Nature*, 414, 29 novembre 2001, p. 541-543.

l'homogénéisation, déjà présente en agriculture⁷⁶, avec pour conséquences une diminution accrue de la diversité génétique et une vulnérabilité accrue des espèces. La biotechnologie agricole a également besoin de s'alimenter à un vaste réservoir de gènes. À cet égard,

« il est important de rappeler que l'utilité de ce processus de transfert de gènes (génie génétique) dépend largement de son intégration aux programmes d'amélioration traditionnels, où il peut se procurer une source de variation génétique. L'acceptabilité agronomique d'une variété transgénique découle donc en grande partie de la qualité du matériel génétique parental dans lequel le transgène a été incorporé. Comme le succès de toute initiative d'amélioration de cultures visant à créer des souches triées sur le volet et bien adaptées est tributaire de la disponibilité d'un vaste éventail de ressources génétiques, les phytogénéticiens doivent à tout prix faire en sorte de maintenir un niveau élevé de diversité génétique dans l'espèce d'intérêt et les espèces apparentées⁷⁷ ».

Effets sur les insectes non ciblés

L'impact négatif possible des cultures transgéniques sur des espèces non ciblées commence à faire l'objet de recherches depuis quelques années⁷⁸. Des essais réalisés par l'EPA américaine ont indiqué qu'à forte concentration, l'une ou l'autre des protéines associées au Bt pouvait se révéler toxique pour quelques insectes non ciblés (*Collembola*, *Daphnia*)⁷⁹. Ces recherches ont été effectuées en laboratoire. Les quelques études en champ sur l'effet global des toxines sur les populations d'insectes non ciblés ont livré des résultats variables⁸⁰. Celles qui étaient effectuées sur une base comparative montrent que ces populations d'insectes sont dans l'ensemble moins affectées par les cultures Bt que par les insecticides chimiques classiques⁸¹. Enfin, on a découvert que certaines variétés de maïs Bt ne produisent pas les toxines dans leur pollen, ce qui élimine le danger potentiel que ces plantes pourraient représenter pour les espèces non ciblées, même si le pollen devait se répandre sur de grandes distances⁸².

Des effets négatifs sont également possibles sur les prédateurs des insectes et sur toute la chaîne alimentaire, mais ce domaine de recherche est encore peu exploré.

76. Selon la FAO, environ 10 000 espèces de plantes ont été cultivées par l'homme depuis les origines; aujourd'hui, 120 espèces cultivées fournissent 90 % des aliments humains d'origine végétale.

77. Rapport du groupe d'experts de la Société royale du Canada, p. 20.

78. Le cas du papillon monarque a été présenté dans l'encadré de la section 2.1.

79. National Research Council, *Genetically Modified Pest-Protected Plants*, p. 75; voir notamment *Pesticide Fact Sheet for Bacillus Thuringiensis Subspecies kurstaki CryIA © Delta-Endotoxin and the Genetic Material Necessary for its Production in Corn*, United States Office of Prevention, Environmental Protection Pesticides Agency and Toxic Substances (7501C), mars 1997.

80. Laure Kaiser et coll., « Maïs Bt et insectes auxiliaires », *Biofutur*, 207, janvier 2001, p. 32. Une importante recherche en cours, financée par la Communauté européenne, se propose d'étudier l'effet sur l'ensemble des insectes non ciblés des toxines Bt de quatre grands types de culture transgénique, « Effects and Mechanisms of BT Transgenes on Biodiversity of Non-target Insects : Pollinators, Herbivores and Their Natural Enemies », R. de Maagd, coordonnateur, (<http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/01-plants/01-08-project.html>).

81. National Research Council, *Genetically Modified Pest-Protected Plants*, p. 78-9.

82. *Ibid.*, p. 77.

2.4 Bénéfices potentiels pour la santé et l'environnement

Prendre en considération les bénéfices

Pour être complète, une évaluation de ce qui peut être établi scientifiquement à propos de l'impact des OGM sur la santé humaine et sur l'environnement ne doit pas seulement s'attacher aux risques. Il faut également prendre en considération les bénéfices, c'est-à-dire les avantages que pourraient avoir les cultures transgéniques et les aliments qui en sont dérivés, tant sur la santé que sur l'environnement, puisque ce sont ces deux grandes questions qui nous intéressent.

OGM de première génération

Comme on l'a vu au premier chapitre, la modification génétique des organismes à des fins de consommation alimentaire peut poursuivre différents objectifs. Les OGM de première génération, ceux qui sont actuellement cultivés, visent principalement des améliorations de la protection des récoltes (diminution des pertes). Que ce soit par la lutte contre les insectes ravageurs ou contre divers agents pathogènes, ou encore par une meilleure gestion de l'utilisation des herbicides, on attend des cultures transgéniques qu'elles soient plus productives, qu'elles entraînent moins de pertes, que les récoltes soient meilleures et donc plus rentables. Si ce type de modifications génétiques des OGM a des incidences positives sur la santé et l'environnement, c'est par retombée indirecte. Par exemple, le fait de cultiver certaines espèces transgéniques entraîne une réduction réelle de l'emploi de certains pesticides nocifs pour la santé et l'environnement.

Effets environnementaux

« Dans le cas des OGM de première génération, aucun bénéfice sanitaire direct lié à la consommation de ces OGM n'est généralement revendiqué⁸³. » Les effets positifs qu'on souligne le plus souvent à propos des OGM de première génération sont :

- Dans le cas des plantes génétiquement modifiées pour produire des toxines insecticides, une réduction de l'emploi d'insecticides chimiques dommageables pour l'environnement.
- Dans le cas de plantes rendues résistantes à un herbicide, la possibilité d'utiliser des herbicides à large spectre (tel le glyphosate), considérés comme moins polluants que beaucoup d'autres.
- Une protection des sols contre l'érosion par une diminution des labours.

Des résultats variables

Comme pour toutes les catégories de pesticides, les bénéfices ne doivent pas être tenus pour acquis cependant, mais confirmés par des données vérifiables. Or, il ne s'est pas encore fait beaucoup d'études sur le sujet et il est difficile d'en tirer des conclusions claires. Les résultats varient selon les cultures et les régions. En Australie, au cours des deux premières années de culture commerciale du coton Bt, une réduction de 45 à 50 % de l'application totale de pesticides a été observée⁸⁴. Selon l'EPA, dans les États américains où il se cultive une forte

83. Commissariat général du plan, *op. cit.*, p. 210.

84. Gray P. Fitt, L.J. Wilson, « Genetic Engineering in IPM : Bt Cotton », dans George G. Kennedy, Turner B. Sutton (éd.), *Emerging Technologies for Integrated Pest Management*, The American Phytopathological Society, St. Paul, 2000, p. 108-125.

proportion de coton Bt, l'arrosage d'insecticides a pu baisser de 21 %, de 1998 à 1999⁸⁵. Des études portant sur les pratiques agricoles des fermiers du Midwest américain cultivant du maïs Bt soulignent cependant que la plupart d'entre eux n'ont pas réduit de façon significative leur arrosage d'insecticides chimiques⁸⁶. De plus, certaines observations récentes montrent que l'absence de pulvérisation favorise le développement d'insectes nuisibles secondaires, considérés comme mineurs auparavant, et qui profitent de leur relative immunité à la toxine Bt pour occuper le terrain laissé vacant par les autres⁸⁷.

Deux études sur le soya résistant à l'herbicide Roundup, effectuées à partir des mêmes données publiées par le département américain de l'Agriculture, tirent des interprétations différentes de leurs analyses. L'une prétend que le soya transgénique demande plus d'herbicides que le soya ordinaire, l'autre parle d'une « modeste réduction⁸⁸ ». En Argentine, où 95 % des cultures de soya sont transgéniques, on continue d'arroser en fortes quantités⁸⁹.

Pour le colza, les données obtenues des essais en champ effectués par le Centre Technique Interprofessionnel des Oléagineux Métropolitains (CETIOM) en France, sur une durée de 6 ans, amène à conclure que le recours à des variétés transgéniques facilite le désherbage, qui s'avère généralement délicat pour cette culture, et réduit l'emploi d'herbicides de 20 à 30 % en valeur⁹⁰.

Concernant la protection des sols contre l'érosion, nous n'avons pas trouvé de résultats d'études scientifiques vérifiant le bien-fondé de ce bénéfice environnemental.

L'adoption de cultures transgéniques est essentiellement reliée à leur intérêt économique pour les producteurs. Et comme celui-ci dépend de plusieurs facteurs, l'impact environnemental peut être très variable d'une année à l'autre. On y reviendra dans le chapitre 3.

Bénéfices des futurs OGM

Si, pour le moment, rien de très concluant ne peut être établi à propos des bénéfices environnementaux des OGM de première génération, il pourrait en être différemment dans l'avenir. Plusieurs des modifications génétiques des OGM expérimentaux qui sont actuellement en développement portent directement sur des caractéristiques avantageuses pour la santé ou l'environnement. Plusieurs recherches en cours visent, par exemple, à améliorer la valeur nutritive de certains aliments ou à neutraliser l'expression de gènes responsables de l'allergie dans des plantes comme le riz ou l'arachide. Les aliments médicalisés ou « médicaments⁹¹ », pourraient avoir des effets bénéfiques importants pour la santé humaine. D'autres produits pourraient avoir des effets bénéfiques pour l'environnement⁹². Ces OGM futurs sont encore à l'état de projets et leurs avantages demeurent hypothétiques. Non seulement n'ont-ils pas été approu-

85. Kathryn Brown, « Seeds of Concern », *Scientific American*, avril 2001, p. 52.

86. US House of Representatives, Subcommittee on Basic Research, *Genetically Engineered Food*, Washington D.C., novembre 1999, p. 29; d'autres facteurs peuvent entrer en ligne de compte, comme la météo, les cycles de culture et les cycles de variation des populations d'insecte. Voir Wolfenbarger, *op. cit.*, p. 290.

87. Voir Rapport du groupe d'experts de la Société royale du Canada, p. 156.

88. Marianne Heselman, « Jury Out on Environmental Impact of GM Soy », *Nature Biotechnology*, 19, août 2001, p. 700-1.

89. Crawley, *op. cit.*, p. 763.

90. Voir Commissariat général du plan, *op. cit.*, p. 88-89.

91. On dit aussi « alicaments ».

92. Comme le maïs Optimum à basse teneur de phytate de Dupont, destiné à l'alimentation animale, qui diminuerait la quantité de phosphore excrétée par les porcs et la volaille.

vés par les organismes publics responsables, mais les données qu'on peut avoir sur leur efficacité réelle sont provisoires. Il n'est donc pas possible d'évaluer quels pourraient être leurs impacts positifs.

2.5 Points saillants du chapitre 2

1. La culture intensive de plantes transgéniques à des fins d'alimentation est encore très récente (1995-1996). Les recherches scientifiques portant sur leurs impacts sont relativement peu nombreuses, qu'il s'agisse d'impacts négatifs tels que les risques potentiels sur la santé humaine et sur l'environnement, ou d'impacts positifs comme la réduction du recours à des pesticides. **Les résultats de ces recherches ont souvent une portée limitée ou circonscrite, rendant toute généralisation prématurée.** L'évaluation des impacts des OGM devrait pouvoir se faire cas par cas, en les comparant aux impacts d'autres procédés de production agricole, mais les études disponibles permettent rarement de le faire.
2. **Au total, dans l'état actuel des connaissances scientifiques, il est encore impossible de déterminer de façon claire et tranchée si les cultures transgéniques destinées à l'alimentation présentent des risques sérieux ou non pour la santé et l'environnement.**
3. **Depuis que les cultures transgéniques font l'objet d'une production intensive, aucune catastrophe alimentaire ou environnementale liée aux OGM n'a été rapportée.** Cette expérience de quelques années est cependant trop récente et trop limitée pour permettre de tirer des conclusions quant à l'innocuité des OGM en général, et cela pour trois grandes raisons : 1- les résultats de cette expérience ne peuvent être extrapolés à d'autres plantes, ni à d'autres types de modifications génétiques. 2- les effets possibles à long terme des OGM de première génération n'ont pas encore pu être évalués. 3- le degré réel d'exposition des consommateurs aux OGM reste inconnu.
4. **Les principaux risques potentiels que pourraient présenter les OGM pour la santé humaine sont la toxicité, à court et à long terme, et l'allergénicité.** Ces types de risques potentiels ne concernent pas uniquement les OGM; ils se posent pour tous les nouveaux aliments et toutes les nouvelles substances introduites dans l'alimentation. Un autre risque potentiel concerne l'acquisition d'une résistance à certains antibiotiques par les bactéries du système digestif; ce risque est plus particulier aux OGM, parce qu'il est lié à l'emploi d'un certain type de marqueur dans le processus de transgénèse.
5. **En ce qui concerne le risque de toxicité à court terme, des tests éprouvés et standardisés existent, qui permettent de procéder à l'évaluation de toute nouvelle substance ou de tout nouvel aliment,** c'est-à-dire de mesurer la dose et d'établir les conditions d'exposition auxquelles cette substance ou cet aliment peut présenter un danger pour la santé. Avant qu'une plante transgénique, comme un maïs ou un soya, puisse être autorisée pour consommation humaine par les organismes publics responsables, la nouvelle protéine que la modification génétique fait apparaître dans la plante (une toxine Bt, par exemple) doit subir l'épreuve de ces tests et présenter un risque minimal « raisonnable » de toxicité

(une toxicité nulle n'existe pas). Jusqu'à présent, aucun cas de toxicité relié à la consommation d'OGM par l'être humain n'a été rapporté.

6. **Faute de tests appropriés, les risques de toxicité à plus long terme ne peuvent pas être évalués, et donc prévus, à l'étape de l'homologation.** C'est le cas des risques d'apparition de cancer ou de maladies dégénératives, par exemple. Ce problème n'est pas propre aux OGM.
7. **Des tests standardisés existent pour évaluer le potentiel allergène de toute nouvelle protéine introduite dans l'alimentation.** Les OGM présentés pour autorisation doivent être soumis à ces tests. Si un risque potentiel d'allergénicité est reconnu, l'aliment peut être autorisé, mais à condition d'être accompagné d'une mise en garde appropriée. Jusqu'à présent, aucun cas d'allergénicité lié à la consommation d'un OGM autorisé pour consommation humaine n'a été rapporté. Toutefois, il reste très difficile, avec les techniques actuelles, d'évaluer l'allergénicité d'une protéine nouvelle, lorsque le gène provient d'un organisme (animal, végétal ou micro-organisme) qui ne fait pas déjà partie de l'alimentation humaine. Plusieurs OGM encore en développement sont dans ce cas.
8. Les tests de toxicité et d'allergénicité portent essentiellement sur la protéine nouvelle qui est introduite dans l'aliment à la suite de la modification génétique. Or, **l'opération de transgenèse peut provoquer, à une fréquence difficile à déterminer, des changements additionnels ou collatéraux dans la composition ou le métabolisme de la plante.** Les conséquences possibles de ce phénomène, appelé « effets pléiotropiques », restent inconnues.
9. Le risque possible d'acquisition d'une résistance à certains antibiotiques par les bactéries du système digestif est lié à l'insertion, dans la construction génétique, de gènes marqueurs codant pour une résistance à des antibiotiques. La résistance pourrait être communiquée par des bactéries du système digestif à des bactéries pathogènes. **La probabilité qu'un tel phénomène se produise dépend notamment de la vitesse à laquelle l'ADN se dégrade dans le système digestif, laquelle ne semble pas avoir été établie de façon concluante.** Cependant, le risque lui-même est appelé à disparaître, avec l'adoption, par les firmes productrices d'OGM, de solutions de rechange aux gènes marqueurs codant pour des antibiotiques.
10. À l'instar d'autres technologies agricoles, les cultures transgéniques peuvent avoir des impacts de toutes sortes sur l'environnement : bioaccumulation de toxines, interactions nuisibles avec des espèces sauvages et cultivées, apparition d'insectes résistants aux insecticides, etc. Comme tout ce qui concerne les écosystèmes, **le problème de l'évaluation environnementale des OGM est extrêmement complexe.** La multiplicité et l'intrication des variables en cause exigent que les évaluations se fassent dans des conditions proches de celles de la production agricole et sur de longues périodes. De plus en plus d'études en Europe et en Amérique du Nord sont entreprises pour évaluer les impacts environnementaux des OGM. Leurs résultats, lorsqu'ils seront publiés, permettront de se faire une meilleure idée de l'ampleur réelle des risques en question.

11. **Les données scientifiques manquent pour évaluer les conséquences écologiques du phénomène de bioaccumulation de toxines Bt dans l'environnement.** Ces toxines se dégradent rapidement, mais elles peuvent parfois, dans certaines conditions, se fixer à l'argile ou au terreau du sol, ce qui risque de retarder leur dégradation, parfois jusqu'à plusieurs mois. Dans le cas des plantes Bt, la toxine est produite tout au long de la vie de la plante, et une certaine quantité de ces toxines entre dans le sol par le chemin des racines. Une autre partie est relâchée après la récolte, lors de la décomposition des résidus de la plante laissée au sol.
12. **La présence dans le sol de molécules d'ADN soulève un autre problème que la présence de la toxine elle-même.** Le risque de transfert du gène marqueur de résistance à un antibiotique, déjà mentionné pour ses impacts possibles sur la santé humaine, se pose également à propos des bactéries du sol. Mais, si les transferts horizontaux de gènes entre bactéries, ou des bactéries aux plantes, sont des phénomènes fréquents, aucun cas de transfert direct de gènes des plantes aux bactéries du sol n'a encore été répertorié. Dans des conditions optimales en laboratoire, le phénomène se produit de façon extrêmement rare.
13. **Le risque de voir les plantes transgéniques devenir envahissantes se pose pour certaines plantes spécifiques.** Règle générale, les espèces cultivées en agriculture (qu'elles soient transgéniques ou non) n'ont qu'une valeur de survivance infime à l'état naturel (hors de leurs champs). Par contre, quelques espèces comme le colza sont naturellement envahissantes. Leurs variétés transgéniques pourraient être difficiles à contrôler, si elles devenaient nuisibles. Certaines études ont montré, par exemple, que des croisements non intentionnels de variétés de colza transgéniques ont donné lieu à l'apparition de colza résistant à deux ou à trois herbicides.
14. La dispersion du pollen par le vent ou par les insectes fait que des croisements se produisent couramment entre espèces cultivées et espèces sauvages apparentées poussant dans le même voisinage. **Dans le cas des plantes transgéniques, ce phénomène appelé « flux de gènes » pourrait, dans certaines conditions, conduire à l'apparition de plantes nuisibles,** notamment si la plante sauvage acquiert un avantage sélectif grâce à cet apport de gènes nouveaux. Plusieurs recherches en cours étudient cette question. Le flux de gènes se produit également entre variétés transgéniques et variétés non transgéniques de la même plante, lorsque cultivées à proximité l'une de l'autre. Ce risque oblige à recourir à des précautions importantes pour séparer les cultures.
15. **Le risque de voir apparaître des insectes résistants aux insecticides Bt est démontré.** Ce problème n'est pas propre aux plantes transgéniques; il concerne tous les modes de culture utilisant le Bt comme insecticide, mais il peut se poser en termes différents. À la suite de l'ingestion répétée de Bt, des insectes peuvent s'adapter aux toxines et développer une résistance contre elles. Certains cas (non reliés à des OGM) ont déjà été répertoriés. Il existe des programmes de dépistage et d'autres mesures de précaution pour s'attaquer à ce problème.

16. **Les risques possibles que posent les OGM sur la biodiversité sont encore inconnus.** Leurs effets sur les espèces non ciblées commencent à faire l'objet de recherches depuis quelques années. Le phénomène de flux de gènes peut entraîner la modification génétique de plantes sauvages, comme une étude récente sur certaines variétés de maïs mexicain l'a montré. L'ampleur du phénomène et son impact écologique à long terme, de même que les effets des cultures transgéniques sur l'ensemble de la chaîne alimentaire des espèces sauvages, restent encore inconnus. Certains travaux sur les insectes non ciblés sont controversés, comme c'est le cas des effets possibles du pollen de maïs Bt sur le papillon monarque.
17. **Pour évaluer l'impact des OGM, il ne faut pas seulement considérer leurs risques potentiels, mais également leurs avantages possibles.** Les OGM de première génération ne prétendent pas fournir de bénéfices pour la santé humaine, contrairement à certains produits en développement qui pourraient atteindre le marché dans l'avenir. Pour les principales variétés actuelles d'OGM, les avantages les plus couramment invoqués sont d'ordre économique (voir chapitre 3) et d'ordre environnemental. Le principal effet positif sur l'environnement de l'utilisation de cultures transgéniques serait de permettre une réduction significative de l'utilisation de pesticides. Les études évaluatives disponibles donnent des résultats mitigés (et parfois contradictoires) dans le cas du maïs et du soya. Dans le cas du coton, les études montrent une baisse assez généralisée de l'emploi de pesticides par les producteurs.

Quelques aspects économiques des OGM

3.1 Production de cultures transgéniques dans le monde

L'introduction d'organismes génétiquement modifiés dans l'agriculture et l'alimentation est un phénomène qui présente de multiples dimensions économiques, liées à la production, à la transformation, à la distribution et à la consommation des aliments, au commerce international, à la réglementation, à l'innovation et à la propriété intellectuelle, etc. Il ne peut être question de couvrir l'ensemble de ces dimensions dans le cadre du présent avis. L'objectif de ce chapitre est plutôt de brosser un portrait sommaire de l'état des connaissances disponibles sur les productions internationale, canadienne et québécoise d'OGM, ainsi que sur l'industrie des biotechnologies et la recherche en biotechnologie agroalimentaire.

Aires mondiales de cultures transgéniques

Selon les données publiées par la Communauté économique européenne et par l'International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), un organisme de promotion de la biotechnologie agricole, données qui sont rapportées au tableau 3, la surface mondiale des cultures transgéniques en 2000 était estimée à 44,2 millions d'hectares (ou 109,2 millions d'acres). Des données préliminaires⁹³ pour 2001 indiquent qu'elle atteint maintenant autour de 50 millions d'hectares.

Tableau 3 :
Superficies consacrées à des cultures transgéniques dans le monde par culture, en millions d'hectares, 1996 à 2000

	1996	1997	1998	1999	2000
Soya	0,45	5,04	13,59	21,78	25,8
Maïs	0,30	2,61	9,11	11,28	10,3
Colza	0,11	1,42	2,43	3,46	2,8
Pommes de terre	0,01	0,01	0,03	0,04	<0,1
Coton	0,73	1,43	2,46	3,92	5,3
Tabac	1,0	1,0	1,0	1,0	n.d.
Total	2,6	11,51	28,62	41,48	44,2

Sources : CEE, *Economic Impacts of Genetically Modified Crops on the Agri-Food Sector*, pour les années 1996 à 1999 et Clive James, *Global Review of Commercialized Transgenic Crops : 2000*, ISAAA pour l'année 2000.

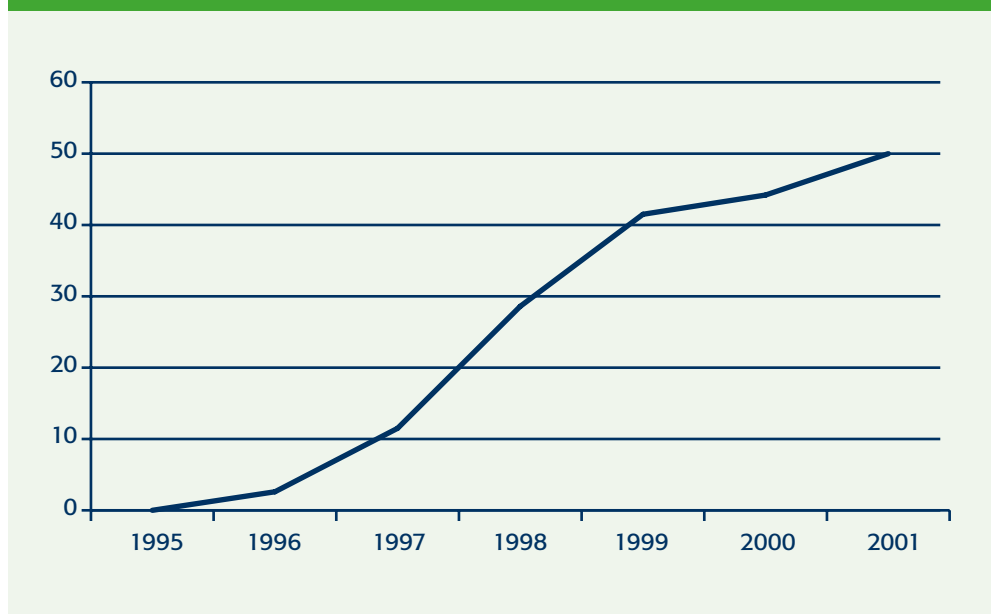
Évolution des cultures transgéniques

Le graphique 2 permet de constater que les cultures transgéniques étaient inexistantes en 1995. De 1996 à 2000, les superficies qui leur sont dédiées à travers le monde ont connu une très forte augmentation, de l'ordre de 45 %

93. « Global GM Crop Area Continues to Grow », ISAAA Press Release, 18 octobre 2001.

entre 1998 et 1999 seulement. La croissance ralentit en 2000 et se situe à 6,6 %, ce qui est attribuable à une baisse des superficies consacrées au maïs et au colza. Elle s'accélère ensuite légèrement, atteignant 13 % selon les données préliminaires de 2001.

Graphique 2 :
Évolution des surfaces consacrées aux cultures transgéniques dans le monde, 1995 à 2001, en millions d'hectares



Source : Clive James, ISAAA.

Les pays les plus actifs

Treize pays étaient actifs dans la production d'OGM en 2000, contre quatre en 1996. Quatre de ces pays, soit les États-Unis, le Canada, l'Argentine et la Chine, sont responsables de 99 % de la production, ce dont témoigne le tableau 4. Les États-Unis fournissent 69 % du total. Le Canada se classe troisième, après l'Argentine, mais sa participation est dix fois moins importante que celle des États-Unis. Entre 1999 et 2000, les superficies consacrées aux cultures transgéniques se sont accrues dans tous les pays recensés, sauf au Canada où elles sont passées de 4 millions à 3 millions d'hectares, soit un retour au niveau de 1998. La diminution y est surtout attribuable à une baisse des superficies ensemencées de colza dont un pourcentage important est dédié aux cultures transgéniques depuis 1997.

Tableau 4 :
Cultures transgéniques par pays, 1999, 2000 (millions d'hectares)

Pays	1999	2000	Changement %
États-Unis	28,7	30,3	+5,6
Argentine	6,7	10,0	+49,3
Canada	4,0	3,0	-25,0
Chine	0,3	0,5	+66,7
Afrique du Sud	0,1	0,2	+100
Australie	0,1	0,2	+100
Autres	<0,1	<0,1	—
Total	39,9	44,2	+10,8

Source : Clive James, ISAAA.

Évolution des cultures transgéniques aux États-Unis

Les données du tableau 5 montrent qu'aux États-Unis, le pourcentage des superficies consacrées au maïs Bt a diminué en 2001, alors que celui des superficies consacrées au soya et au coton transgéniques a continué d'augmenter. Au total, les superficies consacrées aux cultures transgéniques aux États-Unis en 2001 ont augmenté de plus de 7 millions d'acres, soit un peu plus de 10 %.

Tableau 5 :
Superficies consacrées à certaines cultures transgéniques aux États-Unis, 1996 à 2001, en pourcentages

		1996	1997	1998	1999	2000	2001
Maïs	Maïs Bt	1,4	7,6	19,1	25,9	18	16
	Tolérant à un herbicide	3	4,3	9	8	6	7
	Possédant les deux	nd	nd	nd	nd	1	1
	Sous-total	nd	nd	nd	nd	25	24
Soya tolérant à un herbicide		7,4	17	44,2	55,8	54	63
Coton	Coton Bt	14,6	15	16,8	32,3	15	13
	Tolérant à un herbicide	2,2	10,5	26,2	42,1	26	28
	Possédant les deux	nd	nd	nd	nd	20	23
	Sous-total	nd	nd	nd	nd	61	64

Source : Economic Research Service, US Department of Agriculture (USDA).

Facteurs de la baisse observée aux États-Unis

La réduction des proportions de cultures de maïs Bt observées aux États-Unis peut dépendre de plusieurs facteurs. Le Service de recherche économique du département de l'Agriculture américain considère que les facteurs affectant le revenu net des agriculteurs — tels que l'augmentation prévue des récoltes par rapport au coût des semences, ou le degré d'infestation prévu des insectes par rapport au coût des pesticides traditionnels — peuvent avoir influencé la décision des producteurs. Mais, ajoute l'organisme, les perspectives incertaines du marché des cultures transgéniques, liées aux débats sur l'étiquetage dans

différents pays et aux changements d'attitudes des consommateurs, ont pu également contribuer à ce recul⁹⁴.

Selon l'American Corn Growers Association, les exportations de maïs vers l'Europe ont chuté de 137 000 à 17 900 tonnes entre 1999 et 2000. Une baisse de la demande internationale en produits alimentaires transgéniques s'est fait sentir sur l'ensemble des marchés internationaux, plus particulièrement en Europe et au Japon. Sous la pression de certains groupes, plusieurs fabricants de produits alimentaires, de même que des chaînes de vente au détail, ont manifesté leur intention de refuser les OGM. Le géant agro-chimique Novartis, par exemple, a déclaré Gerber, sa filiale d'alimentation pour bébés, exempte de tout OGM.

3.2 OGM et production agricole au Québec

En 1999, 2000 et 2001, les superficies consacrées aux cultures transgéniques au Québec, ont été respectivement de 138 000, 141 000 et 142 000 hectares, ce qui représente 24,8 %, 23,8 % et 24,8 % du total des surfaces cultivées des espèces en question.

Tableau 6 :
Superficies consacrées à différentes cultures au Québec, cultures OGM et cultures totales, en milliers d'hectares, 1999 à 2001

	1999			2000			2001		
	Total	OGM	%	Total	OGM	%	Total	OGM	%
Maïs	390	117	30	412	111	27	425	115	27
Soya	137	12	9	156	25	16	143	23	16
Colza	12	9	75	6	4,5	75	5	3,8	75
Pomme de terre	18,3	0,5	3	18	0	0	nd	nd	nd
Total	557	138	24,8	592	141	23,8	573	142	24,8

Source : Compilations du MAPAQ sur la base de rapports de Statistique Canada.

Le tableau 6 montre qu'en 2001, 115 000 des 425 000 hectares consacrés au maïs, soit 27 %, étaient occupés par des variétés transgéniques. Ce pourcentage était identique à celui de l'Ontario et pratiquement similaire à celui des États-Unis.

Le soya transgénique couvrait 23 000 hectares en 2001, surface nettement inférieure à celle du maïs. Il constituait 16 % du total pour cette culture, un pourcentage très semblable à celui de l'Ontario, 18 %, mais très différent de celui des États-Unis qui se chiffrait à 63 %.

Quant au colza, culture encore marginale au Québec, ce sont 75 % des superficies qui ont été occupées par des variétés transgéniques, ce qui est un taux semblable à celui des provinces des Prairies.

94. Nicole Ballenger et coll., *Biotechnology : Implication for US Corn and Soybean Trade Agricultural Outlook*, avril 2000, p. 24-28.

Les données sur les cultures transgéniques de pommes de terre ne sont pas disponibles pour 2001, mais on observe qu'après avoir occupé 18 000 hectares en 1999, elles ont été inexistantes en 2000.

Le tableau 7 fournit les données permettant d'établir le poids relatif du Québec et de l'Ontario dans la production canadienne des principales cultures (OGM et non OGM).

Tableau 7 :
Production des principales cultures en 2001, en milliers de tonnes
métriques (estimation, Canada, Ontario et Québec)

	Canada	Ontario	Québec
Blé	20 695,3	1 222	116,9
Maïs	7 550	4 750	2 800
Orge	11 103,3	387,5	485
Avoine	2 838,3	74	210
Seigle d'automne	201,5	54,6	3,2
Soya	2 040,1	1 660,1	380
Colza	4 788,8	31,3	10
Céréales mélangées	375,8	208,7	3,2

Source : Statistique Canada et Fédération des producteurs de cultures commerciales du Québec (FPCCQ).

Tableau 8 :
Offre et demande de maïs et de soya au Québec, 2000-2001, en milliers
de tonnes métriques

	Soya	Maïs-grain
Offre		
Stock de début	3,2	389,8
Production nette	377,3	1 978,8
Achats d'autres provinces	—	10
Importation	—	1 037
Total	380,5	3 415,6
Utilisation (demande)		
Semences	15	7,2
Alimentation animale	77,2	3 059,8
Alimentation humaine	1,2	—
Industries	10	40
Ventes aux autres provinces	10,6	10
Ventes aux États-Unis	—	85
Ventes outre-mer	230	20
Ventes extérieures (alim. humaine)	34	—
Total	378	3 222
Stocks de report	2,5	193,6
Prix moyen aux producteurs	258-265 \$	125-128 \$
Valeur de la production en M \$ ¹	98,7	250,3

1 Estimé de la valeur de la production effectué par le CST en multipliant la production nette par le prix moyen aux producteurs.

Source : Statistique Canada, FPCCQ et MAPAQ, octobre 2001.

Maïs transgénique
au Québec

En 2001, environ 37 % du maïs cultivé au Canada est produit au Québec. Il est destiné principalement à l'alimentation animale. Le Québec n'exporte pas son maïs; pour répondre à la demande, il doit en importer, principalement des États-Unis, un peu plus d'un million de tonnes métriques cette année-là.

Soya transgénique
au Québec

Le Québec produit 18 % du soya cultivé au Canada. La majeure partie de la production québécoise de soya (70 % en 2000-2001) est destinée à l'exportation, principalement vers les marchés d'outre-mer. De ce qui est consommé au Québec, soit environ 30 % de la production, 1 % est explicitement destiné à l'alimentation humaine, contre 74 % à l'alimentation animale; le reste est utilisé pour les semences (15 %) et pour des fins industrielles (10 %).

Sources de revenu

L'agriculture québécoise tire ses principales sources de revenu de l'élevage. En 2000, 70 % des recettes agricoles provenaient de productions animales; et 30 % originaient de productions végétales, soit 1 645 millions de dollars sur des recettes totales de 5 418 millions.

La valeur des cultures transgéniques au Québec est d'environ 84 millions de dollars en 2001, à savoir 68 millions pour le maïs et 16 millions pour le soya. En 2000, ce montant représentait 5,1 % des recettes totales des producteurs de végétaux et 1,6 % de celles des agriculteurs québécois⁹⁵.

3.3 Profitabilité des OGM

Études sur la
profitabilité des
cultures trans-
géniques

Comme moyen nouveau de s'attaquer à des problèmes de lutte contre les nuisibles (insectes ou mauvaises herbes), l'utilisation de la transgénèse en agriculture vient s'ajouter à de nombreux développements technologiques (mécanisation, hybridation, substances agrochimiques, robotisation, etc.) visant à des gains de productivité. À cet égard, l'emploi de cultures transgéniques par des producteurs est lié aux avantages économiques qui leur sont associés :

- l'augmentation des rendements des récoltes et la diminution des pertes;
- la diminution des coûts des intrants à la production;
- l'allègement des contraintes agroéconomiques (sécheresse, période de végétation);
- la diversification des productions;
- l'augmentation de la valeur ajoutée aux produits;
- la valeur économique des gains environnementaux⁹⁶.

Les firmes de biotechnologie et les organismes de promotion des OGM publient régulièrement des chiffres sur la profitabilité de leurs produits. Peu d'études indépendantes ont cependant été faites sur la question. La plupart ont été

95. D'après des données fournies par le MAPAQ, Statistique Canada, l'Institut de la statistique du Québec et la Fédération des producteurs de cultures commerciales du Québec (FPCCQ).

96. Voir Guy De Bailleul, « La place des OGM dans l'économie et le commerce agroalimentaire », dans *Rapport du colloque Défis et enjeux des OGM, ACFAS, 2000*, Transfert Environnement inc., 16 juin 2000.

effectuées aux États-Unis et plusieurs se basent sur des données des deux ou trois premières années (1996 à 1998) après l'introduction des cultures transgéniques.

Seront présentées ici les études effectuées sur le soya, le maïs, le coton et le colza.

Études sur le soya

En général, les études sur le soya résistant à un herbicide s'accordent pour dire qu'il y a peu de gains observés sur le plan du rendement, mais qu'une diminution de l'utilisation d'herbicides suffit à faire réaliser un profit de 6 \$ à 12 \$ l'acre de la part des producteurs⁹⁷. Une étude économétrique, basée sur les données de l'enquête annuelle de l'American Resource Management Study (ARMS), conclut pour sa part que les profits des producteurs de soya transgénique sont identiques à ceux des producteurs de soya non transgénique, la diminution du coût des herbicides étant annulée par la hausse du coût des semences. Les auteurs arrivent à ce constat en tenant compte des différents facteurs qui influencent le rendement, notamment l'âge des agriculteurs, la dimension des fermes, le type de sol, etc.⁹⁸. Cela est important, car une comparaison simple entre les deux groupes (utilisateurs et non-utilisateurs) peut s'avérer trompeuse. Par exemple, les utilisateurs des semences transgéniques aux États-Unis sont en moyenne plus jeunes, plus instruits et ont des fermes plus grandes, ce qui fait que leur rendement est souvent supérieur à celui des autres, peu importe le type de semences qu'ils utilisent.

Pour expliquer que les surfaces de soya transgénique aient connu une aussi forte croissance au cours des dernières années, malgré une rentabilité à peu près nulle, l'étude de la USDA souligne que les producteurs peuvent trouver d'autres avantages à cultiver ces variétés. Un herbicide à large spectre comme le glyphosate serait plus simple d'utilisation que les autres herbicides plus spécifiques. Toutefois, cette simplification des pratiques de traitement donne lieu à des hypothèses divergentes dans la littérature scientifique⁹⁹. Selon une enquête de l'ARMS, seulement 6 % des producteurs agricoles ayant opté pour le soya transgénique font de cet argument la principale raison de leur choix; l'espérance d'un gain de rendement est le motif invoqué le plus souvent, soit par 65 % des producteurs.

Études sur le colza

Peu d'études ont porté sur le colza transgénique, et les deux plus importantes sont canadiennes. La première de ces études fait une comparaison entre deux variétés transgéniques et les variétés traditionnelles. Elle montre que la rentabilité économique est inférieure dans le cas des premières. Les économies réalisées dans l'achat d'herbicides sont globalement annulées par le coût supplémentaire des semences transgéniques et un rendement moindre¹⁰⁰.

La seconde étude canadienne¹⁰¹ a été effectuée à l'automne 2000 auprès d'un échantillon de 637 producteurs dont 50 % utilisaient du colza transgénique et les autres des variétés traditionnelles. Elle conclut que les coûts d'utilisation du

97. Voir Stéphane Lemarié et Jean-Michel Ditner, *Analyse économique du développement des cultures à base d'organismes génétiquement modifiés aux États-Unis*, INRA/SERD, janvier 2001.

98. Voir Jorge Fernandez-Cornejo et William McBride, *Genetically Engineered Crops for Pest Management in U.S. Agriculture : Farm-Level Effects*, U.S. Department of Agriculture, avril 2000.

99. Lemarié, *op. cit.*, p. 31.

100. Murray Fulton et Lynette Keyowski, « The Producer Benefits of Herbicide-Resistant Canola », *AgBioforum*, 2, 1999, (<http://www.agbioforum.org/vol2no2/fulton.html>).

101. Canola Council of Canada, *An Agronomic and Economic Assessment of Transgenic Canola*, 2001.

colza transgénique étaient supérieurs de près de 5 \$ l'acre. Toutefois, le rendement étant supérieur, les revenus augmentaient de 15 \$ l'acre, fournissant un gain net de 10 \$ l'acre (ou de 25 \$ par hectare).

Études sur le maïs

Quelques études universitaires américaines sur le maïs Bt montrent qu'une réduction de l'infestation d'insectes conduit à une hausse du rendement des récoltes, qui peut aller de 4 à 8 % selon l'année et la région¹⁰², ainsi qu'à une diminution de l'utilisation des pesticides. Une étude de la USDA, basée sur les données de l'enquête annuelle de l'ARMS, conclut que l'adoption du maïs Bt entraîne une légère baisse du rendement et une économie de pesticides, mais n'a pas d'effet sur les profits¹⁰³. La rentabilité dépend essentiellement du degré d'infestation des récoltes par les insectes, laquelle varie beaucoup d'une année à l'autre. Ainsi, selon une étude, les producteurs américains de maïs Bt ont vu leurs profits augmenter de 72 millions de dollars en 1997, mais diminuer de 28 millions en 1998¹⁰⁴.

Études sur le coton

La rentabilité du coton Bt varie également en fonction du degré d'infestation annuel, ainsi qu'en fonction de la région¹⁰⁵. Différentes études effectuées auprès des producteurs du sud et du sud-est des États-Unis ont montré des différences appréciables concernant les gains de rendement et les économies d'insecticides. Une étude économétrique basée sur les données de l'enquête annuelle de l'ARMS conclut qu'en 1997, la croissance des plantations de coton Bt a entraîné une baisse significative de l'usage des pesticides et une augmentation significative des récoltes, et des profits positifs mais variables¹⁰⁶. Une étude mexicaine comparant des cultures de coton Bt et du coton traditionnel a conclu que les producteurs de plantes transgéniques ont effectivement réduit leurs achats de pesticides et enregistré un bénéfice net supérieur de 295 \$ l'hectare¹⁰⁷.

Interpréter les résultats avec prudence

Il faut être prudent quand on veut interpréter les résultats de ce bref relevé. Le petit nombre de travaux en cause et leur caractère souvent partiel ne permettent pas d'établir de conclusions claires sur la rentabilité des cultures transgéniques. À la lumière des quelques études disponibles, cette rentabilité apparaît variable d'une espèce à l'autre, d'une année à l'autre et d'une région à l'autre. Un document de l'OCDE présentant un survol de la littérature sur le sujet, concluait : « En raison de leur introduction relativement récente sur le marché, il est sans doute prématuré de tenter une évaluation rigoureuse des coûts et bénéfices des biotechnologies agricoles. De plus, l'absence de données sur une période plus longue peut aussi avoir contribué à la disparité des résultats rapportés¹⁰⁸ ». Une autre revue de littérature sur le sujet ajoute que « les choix méthodologiques différents [...] rendent délicates les comparaisons de résultats¹⁰⁹ ».

102. Michele Marra, G. Carlson, B. Hubbell, *Economic Impacts of the First Crop Biotechnologies*, Publication électronique, University of North Carolina, 1998.

103. Fernandez-Cornejo, *op. cit.*

104. L.P. Gianessi, J.E. Carpenter, *Agricultural Biotechnology : Insect Control Benefits*, Washington, National Center for Food and Agricultural Policy, 2000.

105. Lemarié, *op. cit.*, p. 25.

106. Fernandez-Cornejo, *op. cit.*

107. Greg Traxler et coll., « Transgenic Cotton in Mexico : Economic and Environmental Impacts », Mexico, juin 2001, (http://www.biotech-info.net/Bt_cotton_Mexico.html).

108. OCDE, *Modern Biotechnology and Agricultural Markets : a Discussion of Selected Issues*, Paris, 20 décembre 2000, p. 27.

109. Lemarié, *op. cit.*, p. 33.

3.4 L'industrie biotechnologique et la R-D privée

La production de semences et d'OGM dans le monde s'appuie sur un certain nombre de grandes compagnies de biotechnologies. La plupart sont des entreprises chimiques qui ont investi massivement dans le développement de produits biotechnologiques, au sein des secteurs pharmaceutique et agroalimentaire.

Tableau 9 :
Ventes de produits et dépenses de R-D des principales entreprises agrochimiques, 2000, en millions de dollars US

	Ventes	R-D
Syngenta (Suisse)	5 888	745 (agriculture)
Monsanto (États-Unis)	3 885	588 (agriculture)
Aventis (France)	3 701	469 (agriculture)
DuPont (États-Unis)	2 511	1776 (tous secteurs)
Dow (États-Unis)	2 271	892 (agriculture et chimie)
Bayer (Allemagne)	2 252	2208 (tous secteurs)
BASF (Allemagne)	2 228	758 (tous secteurs)

Source : Burrell, G. S., *Biotech 2001 et Rapports annuels des entreprises*

Un phénomène de forte concentration

L'évolution du secteur de l'agrobiotechnologie au cours des vingt dernières années a été marquée par une concentration industrielle de plus en plus prononcée. Dans un premier temps, soit du milieu des années 1980 à la moitié des années 1990, les grandes entreprises ont acquis plusieurs PME spécialisées en recherche agrobiotechnologique. La deuxième phase a été caractérisée par des acquisitions massives de firmes semencières par les entreprises agrochimiques et agrobiotechnologiques. De 1995 à 1998, 68 de ces firmes semencières furent ainsi acquises par les multinationales du secteur¹¹⁰.

Principales firmes

En 2000, les sept plus grandes firmes œuvrant dans le domaine « agrochimique » étaient Syngenta (formée de la fusion de Zeneca et Novartis), Monsanto, Aventis (fusion d'AgrEvo et de Rhône-Poulenc), DuPont (qui a acquis le semencier Pioneer), Dow AgroSciences, Bayer et BASF. D'après la firme financière Burrill and Company, environ 85 % des revenus de ce marché proviennent de la vente de pesticides, le reste étant attribuable à la vente de semences et à la propriété intellectuelle¹¹¹. Il s'agit d'un secteur industriel très concentré et dominé par quelques grandes firmes disposant de moyens financiers très élevés, comme en témoignent leurs ventes et leurs investissements en recherche. En 2000, les ventes combinées de ces entreprises totalisaient 22,7 milliards US \$. Il n'est pas possible d'obtenir à partir de leurs rapports annuels les dépenses en recherche consacrées à l'agrobiotechnologie et encore moins celles qui portent spécifiquement sur le développement d'OGM.

Une étude sur les effets possibles de la concentration des firmes dans le secteur de la biotechnologie des plantes aux États-Unis dégage les cinq conclusions suivantes :

110. John L. King, « Concentration and Technology », dans *Agricultural Input Industries*, Agriculture Information Bulletin, no 763, USDA, mars 2001.

111. G.S. Burrill, *Biotech 2001*, Burrill & Company, San Francisco 2001, p. 87-90.

La prise de brevet est un des moyens de protéger la propriété intellectuelle. Un brevet est émis pour une invention, à la condition qu'elle respecte un certain nombre de critères. Aux États-Unis, par exemple, l'invention doit obéir à quatre règles : être nouvelle, utile, non triviale et suffisamment bien décrite. Pour la plupart des pays, le brevet a une durée de 20 ans à partir de la date de son dépôt. Dans le cas des végétaux, un régime particulier s'applique au Canada, soit celui de la *Loi sur la protection des obtentions végétales* (1990, ch. 20). Depuis 1961, les obtentions végétales (les variétés végétales nouvelles, i.e. tout cultivar, génétiquement modifié ou non) sont reconnues par l'Union pour la protection des obtentions végétales (UPOV). Jusqu'en 1991, il n'était pas possible d'obtenir un brevet sur une obtention végétale. L'UPOV fut amendée en 1991 pour permettre aux pays d'offrir les deux protections aux variétés végétales, soit le certificat d'obtention et le brevet. Mais le Canada n'a pas encore adhéré à la version de 1991 de l'UPOV.

La brevetabilité du vivant est récente. En 1980, un arrêt de la Cour suprême des États-Unis autorisait la délivrance d'un brevet pour un organisme vivant, une souche bactérienne génétiquement modifiée pour favoriser la décomposition de résidus pétroliers. En 1985, était pris aux États-Unis un premier brevet sur une variété végétale transgénique, un maïs. Trois ans plus tard, un premier animal transgénique était breveté, une souris modifiée génétiquement pour des expériences médicales sur le cancer.

Certains pays comme les États-Unis, le Japon et l'Australie émettent des brevets pour des plantes et des animaux. La Communauté européenne ne permet pas encore de breveter ni les végétaux, ni les animaux. À l'heure actuelle, le Canada n'émet pas de brevets sur les plantes et les animaux, mais seulement pour des organismes unicellulaires; une cause concernant la brevetabilité d'une souris transgénique a cependant été portée devant la Cour suprême. À l'échelle internationale, les négociations en cours dans le cadre de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) visent à standardiser les droits de propriété intellectuelle sur les plantes et les animaux pour l'ensemble de ses membres.

En plus des organismes vivants, du matériel génétique peut aussi faire l'objet d'une prise de brevet. Les gènes, tels qu'ils existent à l'état naturel dans un organisme, ne peuvent pas être brevetés. Cependant, une fois isolés, extraits du chromosome et purifiés, ils deviennent brevetables sous certaines conditions qui diffèrent d'un pays à l'autre. Les récentes percées en biotechnologie et en génomique ont favorisé une véritable course aux brevets chez les entreprises. Aux États-Unis seulement, plus de 20 000 brevets ont été accordés sur du matériel génétique depuis 1980. Et plus de 25 000 demandes sont actuellement à l'étude. Les coûts d'un brevet sont élevés, entre 100 000 \$ et 500 000 \$, selon certaines études.

Une fois un gène légalement protégé dans sa forme brevetable, une entreprise peut empêcher quiconque de vendre, de transférer le gène ou de le reproduire. Il en découle qu'en contrôlant un gène, la personne ou l'organisation possédant les droits sur ce gène peut empêcher quiconque de créer un végétal ou un animal génétiquement modifié avec ce gène. Cependant, lorsque l'entreprise vend l'animal ou le végétal génétiquement modifié, elle ne peut empêcher l'acheteur de reproduire ce végétal ou cet animal. Dans le domaine agricole, cela signifie que le producteur agricole pourrait conserver les graines et les semer l'année suivante sans payer de frais. Pour contrer cet obstacle, les entreprises ne vendent pas le végétal au producteur; ils émettent plutôt un « permis d'utilisation » assorti d'une obligation pour l'agriculteur de ne pas utiliser les graines issues de la plante pour les ressemer ultérieurement.

Dans le domaine de la recherche scientifique, et ce particulièrement pour le secteur public, les chercheurs sont confrontés à des coûts additionnels liés à la protection par brevet, lorsqu'ils veulent poursuivre la recherche sur les étapes subséquentes à l'identification du gène, en raison des droits à payer et du temps à consacrer aux négociations.

112. Sources : E. Richard Gold, *Le brevetage des gènes*, Document préparé pour le Comité consultatif canadien de la biotechnologie, décembre 2000; Anne Desaix et coll., « Faut-il breveter les gènes? », *Biofutur*, n° 204, octobre 2000, p. 20-25; Robert Mullan Cook-Deegan, Stephen J. McCormack, « Patents, Secrecy, DNA », *Science*, 293, 13 juillet 2001; William Lesser, « Holding up the Public Agbiotech Research Sector over Component Technologies », dans William H. Lesser (dir.), *op. cit.*; John J. Doll, « Talking Gene Patents », *Scientific American*, août 2001, p. 28.

- Les investissements en R-D par les grandes firmes sont élevés;
- Les résultats des efforts de recherche vont en augmentant pour l'ensemble du secteur, mais diminuent dans les petites firmes;
- L'effet sur l'efficacité de l'ensemble du secteur est négatif;
- Une diminution de l'entrée de nouvelles firmes est observée;
- Ce sont les grandes firmes qui accaparent le leadership en recherche¹¹³.

Industrie
biotechnologique
au Canada

La dernière enquête de Statistique Canada en 1999 dénombrait 358 firmes au Canada dont l'activité principale était la biotechnologie¹¹⁴ : de ce nombre, 90 effectuaient des recherches dans le domaine agricole. L'ensemble de ces firmes employaient plus de 62 000 personnes, dont près de 8 000 travaillaient entièrement en biotechnologie. Les dépenses totales de R-D de ces firmes atteignaient 1 210 millions de dollars dont 824 millions en biotechnologie. Les données disponibles ne permettent pas d'évaluer quelle proportion de leurs ressources de R-D vont au développement d'OGM.

Tableau 10 :
Activités des entreprises en biotechnologie par secteur, au Canada, 1999

	Nombre de firmes	Dépenses de R-D M \$	R-D biotech. M \$	Employés	Employés Biotech.
Santé humaine	150	917	703	13 029	5 433
Agriculture	90	115	66	18 066	985
Ressources naturelles	18	130	24	12 710	149
Environnement	35	13	—	4 187	323
Aquaculture	14	4	4	232	167
Bio-informatique	18	21	20	368	227
Transformation des aliments	29	9	7	13 866	338
Autres	4	1	—	208	74
Total	358	1 210	824	62 667	7 695

Source : Statistique Canada, *Biotechnology Use and Development-1999*.

Firmes de
biotechnologie au
Québec

Le tableau 11 montre que 107 des 358 firmes recensées étaient établies au Québec. Les firmes québécoises réalisaient 35 % du total de la R-D canadienne et près de 41 % de la R-D en biotechnologie. En 1999, les dépenses de R-D (totales et en biotechnologie) des firmes du Québec dépassaient en valeur absolue celles de l'Ontario. Il en est de même pour le nombre d'employés.

113. Margaret Brennan, Carl E. Pray et Ann Courtmanche dans William H. Lesser (dir.), « Impact of Industry Concentration on Innovation in the U.S. Plant Biotech Industry », *Transitions in Agbiotech : Economics of Strategy and Policy*, University of Massachusetts, 2000.

114. Statistique Canada, *Biotechnology Use and Development-1999*, Catalogue 88F0006XIE01007.

Tableau 11 :
Nombre de firmes de biotechnologie par secteur et par province, 1999

	Santé	Agri- culture	Ressources naturelles	Environ- nement	Aqua- culture	Bio- infor- matique	Transfor- mation des aliments	Autres	Total
Colombie-Britannique	43	19	10	6	11	10	16	—	71
Alberta	14	16	—	4	—	—	8	—	28
Saskatchewan	—	9	—	3	—	4	3	—	16
Manitoba	—	—	—	—	—	—	—	—	6
Ontario	66	52	5	9	—	14	12	—	111
Québec	54	16	4	24	—	20	14	15	107
Nouvelle-Écosse	5	—	—	—	—	—	—	—	7
Maritimes									
Autres	6	—	—	6	6	—	—	—	19
Canada	188	117	20	51	21	51	53	21	358

Note : Le nombre de firmes actives dans tous les domaines est supérieur au nombre total de firmes, puisqu'une firme peut être active dans plus d'un domaine.

Source : Statistique Canada, *op. cit.*

Les firmes québécoises de biotechnologie sont avant tout actives dans les secteurs de la santé humaine, de la bio-informatique et de l'environnement. Des 107 firmes québécoises actives en biotechnologie, 16 d'entre elles, soit 15 %, travaillent dans le domaine agricole. L'examen du nombre de produits et processus développés ou en cours de développement dans le domaine agroalimentaire (tableau 12) révèle que sur un total de 5 557 dans l'ensemble du Canada, seuls 140 (2,5 %) ont été développés au Québec. De plus en 1999, ces 140 produits et processus représentaient 1,7 % du total des produits et processus au Québec (soit 7 903). L'Ontario est davantage spécialisée en agrobiotechnologie agricole puisque 52 firmes sur un total de 107 firmes sont actives dans ce secteur.

En 2001, 146 firmes québécoises sont répertoriées sur le site Web de Canadian Biotech News¹¹⁵. Huit d'entre elles ont des activités en agriculture. Pour sa part, le *Répertoire québécois des bio-industries et des sciences de la vie 2001*, range près d'une centaine d'entreprises et d'organismes dans la section agroalimentaire¹¹⁶. Toutefois, peu de firmes au Québec développent des produits transgéniques à des fins agricoles ou alimentaires.

115. Voir par exemple le site <http://www.canadianbiotechnews.com>.

116. BioQuébec, *Répertoire des bio-industries et des sciences de la vie*, Montréal, 2001.

Tableau 12 :
Nombre de produits et processus développés par les firmes canadiennes de biotechnologie, à toutes les étapes de développement, par secteur et par province, 1999

	Santé	Agri- culture	Ressources naturelles	Environ- nement	Aqua- culture	Bio- infor- matique	Transfor- mation des aliments	Autres	Total
Colombie-Britannique	2 167	3 192	119	124	33	571	169	6	6 380
Alberta	55	67	—	5	—	—	21	—	164
Saskatchewan	—	76	—	3	—	5	12	—	114
Manitoba	26	7	—	—	—	—	—	—	33
Ontario	678	2 031	18	47	—	49	53	—	2 880
Québec	462	140	19	49	—	6 615	530	88	7 903
Nouvelle-Écosse	—	—	—	—	6	—	—	—	85
Maritimes									
Autres	43	—	—	6	6	—	—	—	100
Canada	3 435	5 557	162	233	48	7 249	785	103	17 574

Source : Statistique Canada, *op. cit.*

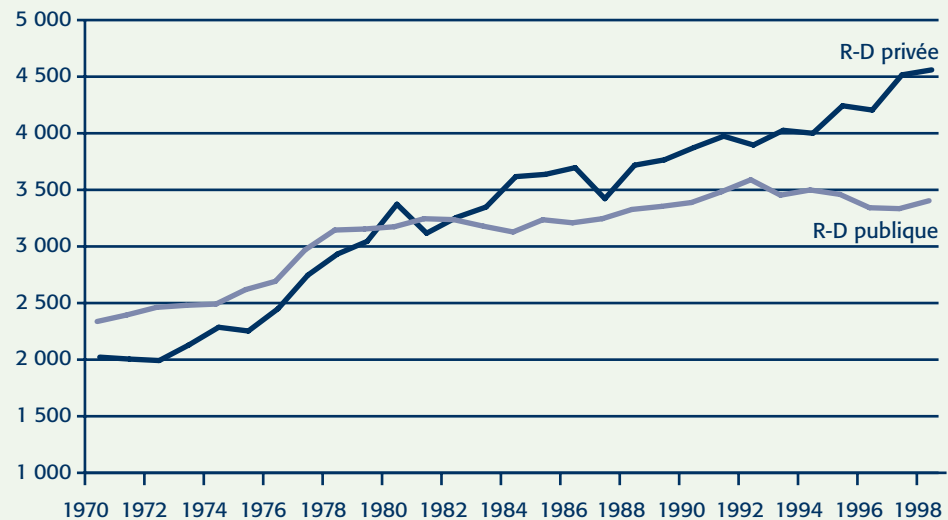
3.5 La R-D dans le secteur public

Un ralentissement
du financement de
la R-D publique

La recherche dans le secteur public, c'est-à-dire universitaire et gouvernemental combinés, a connu d'importants ralentissements dans plusieurs pays industrialisés au cours de la dernière décennie. C'est ainsi que le taux de croissance des dépenses publiques réelles en recherche agroalimentaire des pays de l'OCDE est passé de 2,7 % de 1971 à 1981, à 1,8 % de 1981 à 1993. Elle a même diminué en termes réels en Nouvelle Zélande et au Royaume-Uni.

Aux États-Unis, les dépenses de recherche du secteur public dans le domaine agroalimentaire, incluant les centres du USDA, les stations agricoles des États ainsi que les universités, étaient de 3,4 milliards de dollars US en 1998. Alors qu'elles avaient augmenté annuellement de 3 %, en termes réels, entre 1970 et 1981, elles n'ont crû que de 0,7 % par an de 1981 à 1991, pour plafonner et même diminuer de 1991 à 1999, comme le montre le graphique 3.

Graphique 3 :
Évolution de la R-D publique et privée dans le secteur agroalimentaire, États-Unis, 1970 à 1998, en millions de dollars constants de 1998.



Source : USDA.

En comparaison, les dépenses de recherche du secteur privé ont augmenté en termes réels aux États-Unis, de 4 % de 1971 à 1981, de 2,5 % de 1981 à 1991 et de 2 % de 1991 à 1998. Elles ont rejoint celles du secteur public en 1982 et les ont dépassées puis distancées de façon continue, pour atteindre près de 4,6 milliards de dollars US en 1998. Un changement important s'est donc produit, au cours des vingt dernières années, dans la structure du financement de la R-D du domaine de l'agroalimentaire. Des investissements de plus en plus importants ont été consentis par le secteur privé, notamment dans les biotechnologies. Les semences des principales cultures transgéniques produites actuellement dans le monde ont été développées par des entreprises privées.

Au Canada

Au Canada, le secteur public est un acteur important dans la recherche agroalimentaire. Ce sont avant tout le gouvernement fédéral, à travers les centres de recherche d'Agriculture Canada et du Conseil national de recherches Canada (CNRC), et les universités, qui sont les acteurs majeurs du secteur public. Le tableau 13 présente le personnel de recherche agroalimentaire du secteur public au Canada, en équivalent temps complet. Pour ce qui est de la recherche sur les animaux, on observe que ce sont les universités qui ont la majeure partie des effectifs de recherche, alors que dans le cas des végétaux, le personnel se répartit également entre le fédéral et les universités, avec une certaine participation des centres provinciaux.

Tableau 13 :
Personnel de recherche en équivalent temps plein (ETP) dans le secteur public canadien selon le domaine de recherche agroalimentaire, 1991 à 1996

	Fédéral		Provinces		Universités		Total	
Domaine d'étude	1991	1996	1991	1996	1991	1996	1991	1996
Animaux	196	130	23	24	410	319	629	473
Végétaux, cultures	489	487	85	153	359	458	934	1 098
Ressources	147	115	28	48	108	96	282	260
Aliments et nutrition	117	77	13	13	181	198	311	288
Autres	74	7	9	40	65	53	148	100
Total	1 024	815	157	277	1 123	1 126	2 304	2 218

Source : Conseil de recherche en agroalimentaire du Canada, *Capacité de recherche et de transfert technologique dans l'agroalimentaire au Canada*, disponible sur le web à http://www.carc-crac.ca/french/publications_docsf/weaf.htm

La répartition entre les provinces (tableau 14) des efforts de recherche en agroalimentaire, montre que le Québec et l'Ontario réalisent une partie substantielle de la recherche; les provinces des Prairies disposent également d'un potentiel de recherche significatif.

L'évolution des dépenses de recherche en agroalimentaire du gouvernement fédéral et des provinces, au cours des dix à quinze dernières années, montre que les dépenses de recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada ont diminué de plus de 12 % en dollars constants, de 1991 à 2001 (graphique 4).

En 1999, dans le cadre de la Stratégie canadienne en biotechnologie, le gouvernement fédéral allouait 17 millions de dollars à Agriculture et Agroalimentaire Canada pour la recherche sur la génomique des plantes. Ce ministère voyait ainsi passer ses dépenses de recherche en biotechnologie de 40 à plus de 55 millions de dollars, de 1997-1998 à 1999-2000. Certains centres de recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada effectuent des travaux

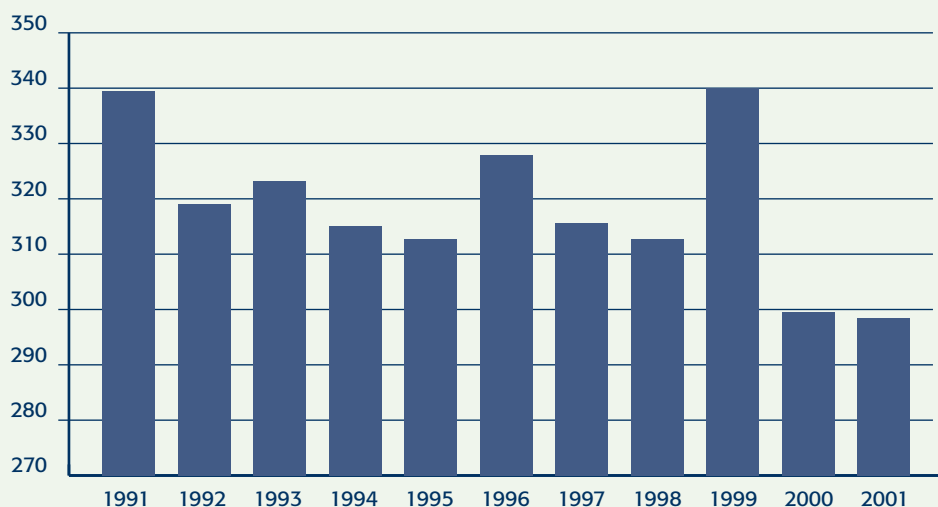
Tableau 14 :
Répartition entre les provinces de l'effort de recherche du secteur public dans le domaine agroalimentaire, ETP, 1996

	Fédéral	Provinces	Universités	Total
Colombie-Britannique	54	0	53	108
Alberta	119	153	70	341
Saskatchewan	114	10	148	271
Manitoba	56	3	109	168
Ontario	290	41	316	647
Québec	104	49	392	545
Maritimes	78	21	38	130
Total	815	277	1 126	2 218

Source : Conseil de recherche en agroalimentaire du Canada, *Capacité de recherche et de transfert technologique dans l'agroalimentaire au Canada*.

en transgénèse pour l'amélioration de plantes cultivées, notamment le colza à Saskatoon, le soya à Harrow et le blé, l'orge, le maïs et le soya à Ottawa¹¹⁷.

Graphique 4 :
Dépenses de R-D d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, 1991 à 1999,
en dollars constants de 1992



Source : Statistique Canada, *Bulletin de services*, Statistique des sciences, Vol. 25, n° 9, Catalogue 88-001-X1B

CNRC

Le CNRC est également impliqué en biotechnologie végétale, avec l'Institut de biotechnologie des plantes de Saskatoon. L'Institut emploie 110 personnes et accueille chaque année une centaine de chercheurs invités. Les domaines de recherche touchent essentiellement le colza, les céréales et les légumineuses. L'Institut a mis sur pied une unité spéciale appelée Centre des plantes transgéniques pour des projets conjoints avec des entreprises, des universités ou d'autres laboratoires gouvernementaux.

117. Informations obtenues sur les sites Web de ces centres.

Tableau 15 :
Dépenses intra-muros de l'administration fédérale pour la R-D en biotechnologie, 1997 à 2000, en millions de dollars

	1997-1998	1998-1999	1999-2000
Agriculture et Agroalimentaire Canada	39,9	46,5	55,5
Environnement	0,6	0,8	0,6
Pêches et Océans	0,6	0,6	2,6
Conseil de recherche médicale	4,0	5,0	5,8
Conseil national de recherches	58,9	77,4	102,2
Ressources naturelles	5,8	3,7	6,5
Autres	3,4	4	4,7
Total	113,1	138,0	177,9

Source : Statistique Canada, *Statistiques des sciences*, Catalogue 88-001-X1B, Vol. 25, N° 3.

Au cours des années 1990, les centres de recherche provinciaux ont été pratiquement absents de la R-D sur les plantes transgéniques. La plupart d'entre eux ont subi des compressions de fonds importantes (tableau 16). De 1988 à 1998, leur financement a diminué de 40 % en termes réels. En avril 1997, le gouvernement de l'Ontario a placé ses centres de recherche en agroalimentaire sous la responsabilité de l'université de Guelph, en accordant à celle-ci un montant annuel de financement de plus de 50 millions de dollars.

Tableau 16 :
Financement des centres provinciaux de recherche agricole, 1988 à 1998, millions de dollars constants de 1992

	1988-1989	1994-1995	1998-1999
Colombie-Britannique	0,5	0,2	0
Alberta	36,4	21,6	17,1
Saskatchewan	12,1	17,7	14,7
Manitoba	—	0,8	1,0
Ontario	43,4	66,3	25,1
Québec	31,1	28,2	17,6
Maritimes	5,5	4,6	2,4
Total	129,0	139,3	77,9

Source : Richard Carew : « Institutional Arrangements and Public Agricultural Research in Canada », *Review of Agricultural Economics*, 23, 1, 2001, p. 82-101.

Le gouvernement du Québec a modifié, en 1998, le statut de ses stations de recherche, en créant notamment l'Institut de recherche-développement en agro-environnement (IRDA). L'Institut regroupe plusieurs des anciennes stations de recherche du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ). L'IRDA bénéficie d'un financement annuel d'environ 10 millions de dollars, dont un million provient de l'Union des producteurs agricoles. Il s'y fait très peu de travaux reliés à des plantes transgéniques, essentiellement des essais sur des pommes de terre génétiquement modifiées pour lutter contre les doryphores.

Centres de
recherche
provinciaux

IRDA

Le Conseil des recherches en pêche et en agroalimentaire du Québec (CORPAQ) est un organisme chargé de conseiller le MAPAQ sur les questions relatives à la recherche, au développement et au transfert technologique. Il donne aussi son avis sur les modalités d'intervention et d'octroi de subventions dans le cadre du programme d'aide à la recherche en agriculture, pêche et alimentation.

Tableau 17 :
Nouvelles subventions accordées par le MAPAQ dans son programme d'aide à la recherche, 1998-1999 à 2001-2002

Discipline	1998-1999		1999-2000		2000-2001		2001-2002	
	Projets	Montant ('000)	Projets	Montant ('000)	Projets	Montant ('000)	Projets	Montant ('000)
Productions animales	12	1 185	7	700	7	803	5	619
Alimentation	12	1 728	2	287	5	758	3	266
Productions végétales	15	1 626	7	852	5	628	5	738
Génie rural	1	108	1	147	1	74	1	193
Mariculture	—	—	2	186	2	165	1	119
Socio-économique	—	—	1	143	1	52	1	205
TOTAL	40	4 647	20	2 315	21	2 480	16	2 140

Source : MAPAQ

Quelques projets de recherche en transgénèse végétale ont été subventionnés dans le cadre de ce programme au cours des dernières années. Cependant, le soutien à la recherche a globalement diminué de 54 % entre 1998-1999 et 2001-2002, comme le montre le tableau 17 : 1998-1999 est la dernière année d'acceptation de projets de l'entente auxiliaire Canada-Québec sur le développement agroalimentaire. Comme l'entente n'a pas été renouvelée, le MAPAQ a soutenu seul le programme à partir de 1999-2000. Le nombre de projets subventionnés dans l'ensemble des disciplines est passé de 40 à 16, ce qui représente une baisse de 60 %. La recherche sur l'alimentation et sur les productions végétales a été particulièrement touchée, avec des diminutions de 85 % et de 55 % des montants accordés.

La banque de données sur les subventions et bourses accordées par le CRSNG constitue une source d'information utile pour évaluer l'intensité des recherches sur les OGM dans les universités canadiennes (tableau 18). De 1995-1996 à 2000-2001, le CRSNG a accordé 121 subventions¹¹⁸ de recherche sur les OGM, pour un total de près de 6 millions de dollars. Parmi ces subventions, 70 s'appliquaient à des plantes, pour un montant de 3,4 millions. Ce sont les universités de Guelph, Laval, de la Saskatchewan et de Waterloo qui ont le plus fort volume de subventions sur les plantes transgéniques. Sur six années, le total versé annuellement par le CRSNG pour la recherche sur les organismes génétiquement modifiés est d'environ un million de dollars; il est de 570 000 dollars pour les plantes génétiquement modifiées (pour une moyenne d'environ 50 000 \$ par subvention individuelle).

118. Une subvention, au sens de la banque du CRSNG, est un montant versé dans une année; un même projet de recherche peut bénéficier de plusieurs subventions.

Tableau 18 :
Bourses et subventions de recherche accordées par le CRSNG sur les OGM,
1995-1996 à 2000-2001

	OGM (plantes, animaux, micro-organismes)				Plantes modifiées génétiquement			
	Nombre	%	milliers \$	%	Nombre	%	milliers \$	%
Colombie-Britannique	6	5,0	485	8,1	6	8,6	485	14,2
Simon Fraser	3	2,5	272	4,6	3	4,3	272	8,0
University of B.C.	3	2,5	213	3,6	3	4,3	213	6,2
Alberta (Calgary)	2	1,6	138	2,3	1	1,4	75	2,2
Université de Saskatchewan	9	7,4	570	9,5	9	12,9	570	16,7
Manitoba	4	3,3	103	1,7	4	5,7	103	3,0
Ontario	60	49,6	2 820	47,1	28	40,0	1 291	37,8
Université de Guelph	38	31,4	1 848	30,9	17	24,3	610	17,8
Université de Toronto	4	3,3	212	3,5	4	5,7	212	6,2
Université de Waterloo	4	3,3	361	6,0	4	5,7	361	10,5
Québec	31	25,6	1 519	25,4	18	25,7	820	24,0
McGill	11	9,1	351	5,9	9	12,9	283	8,3
Montréal	7	5,8	543	9,1	—	—	—	—
Laval	13	10,7	626	10,5	9	12,9	537	15,7
Nouvelle-Écosse	4	3,3	258	4,3	—	—	—	—
Autres	5	4,1	95	1,6	4	5,7	75	2,2
Total	121	100	5 987	100	70	100	3 420	100

Source : Compilations du Conseil à partir de la banque de données du CRSNG.

Pour la période de 1995 à 2000, le Conseil a recensé dans la banque SIRU du ministère de l'Éducation une quinzaine de chercheurs universitaires qui ont travaillé à des projets relatifs à la transgénèse végétale, touchant des espèces qui sont cultivées habituellement pour l'alimentation humaine ou animale. Ces chercheurs sont rattachés à cinq universités : Laval, UQAM, McGill, Montréal et Concordia. Le financement total de ces projets pour la période est de près de 7 millions de dollars, dont 6,1 millions en subventions.

À l'Université Laval, les projets portaient sur le développement de cultivars de blé résistants à certaines maladies, de cultivars de soya résistants à une maladie causée par un champignon, d'un cultivar de pomme de terre résistant à un virus, de patates douces transgéniques et de luzerne transgénique. D'autres projets portaient sur l'évaluation des plantes transgéniques (luzerne, pomme de terre).

À l'UQAM, les projets concernaient sur le développement de fraises résistantes au froid, de fraises résistantes aux maladies fongiques et de tomates tolérant la sécheresse. D'autres projets s'intéressaient à la phytotoxicité et à la tolérance à l'aluminium par le blé.

À l'Université McGill, les projets couvraient le développement de luzerne tolérante au froid de même que l'identification et l'utilisation du gène de résistance au virus de la mosaïque de la laitue. D'autres projets portaient sur

l'utilisation des marqueurs moléculaires comme outils de support à la création de laitues adaptées pour le Québec.

À l'Université Concordia, les projets visaient la biosynthèse de glucosinolates du colza et la tolérance au sel de l'herbe de blé et du blé.

À l'Université de Montréal, les projets concernaient le développement de nouvelles saveurs par modifications génétiques, l'expression des gènes et les mécanismes de défense de la pomme de terre, la tolérance du riz à la sécheresse, de même que la biochimie et le métabolisme des plantes en vue de leur usage en génie génétique.

3.6 Points saillants du chapitre 3

1. **Depuis 1995, les surfaces consacrées aux cultures transgéniques connaissent une forte croissance mondiale.** Selon des données préliminaires, ces surfaces étaient de l'ordre de 50 millions d'hectares en 2001, soit 18 % des surfaces consacrées aux quatre principales espèces cultivées à l'heure actuelle : le maïs, le soya, le coton et le colza. Treize pays étaient actifs dans la production d'OGM en 2000, mais quatre pays, les États-Unis, le Canada, l'Argentine et la Chine sont responsables de 99 % de la production mondiale. Le Canada occupe le troisième rang, après les États-Unis et l'Argentine.
2. **Malgré l'augmentation continue de l'ensemble des surfaces de cultures transgéniques, certaines variétés ont connu des reculs.** Les proportions de superficies consacrées au maïs Bt ont diminué deux années de suite aux États-Unis, en 2000 et 2001. Cette réduction peut dépendre de plusieurs facteurs, notamment des perspectives incertaines des marchés d'exportation vers différents pays (Europe et Japon surtout), ainsi que de décisions de compagnies alimentaires de ne plus utiliser ou distribuer de produits de source transgénique.
3. **Au Québec, les cultures transgéniques sont principalement le maïs, le soya et le colza; les variétés transgéniques occupent environ le quart des surfaces cultivées de ces trois espèces.** En 2001, plus de 80 % de ce total allait au maïs, 16 % au soya et 2 % au colza. La valeur des cultures transgéniques est estimée à 84 millions de dollars en 2001. Le maïs produit au Québec, transgénique ou non, est destiné principalement à l'alimentation animale. Le soya est à 70 % destiné à des marchés outre-mer. Quant au colza, il s'agit d'une culture marginale au Québec, avec 0,02 % de la production canadienne.
4. Quelques études ont été publiées sur la **profitabilité** des cultures transgéniques pour les producteurs. **Les résultats de ces études sont variables d'une espèce à l'autre, d'une région à l'autre et d'une année à l'autre.** Dans le cas du soya résistant à un herbicide, la profitabilité semble positive, mais très faible, et le succès obtenu par cette espèce transgénique (36 % du soya mondial cultivé en 2000) dépendrait d'autres facteurs que le gain économique. Deux études canadiennes sur la profitabilité du colza transgénique donnent des résultats légèrement contradictoires. La profitabilité du maïs Bt est fluctuante et dépend beaucoup du degré d'infestation des récoltes par les insectes. Dans le cas du

coton Bt, les gains de rendement et les économies d'insecticides réalisés sont toujours positifs, mais ils donnent lieu à des différences appréciables d'une étude à l'autre.

5. **La production mondiale de semences et d'OGM s'appuie sur un petit nombre de grandes compagnies de biotechnologie.** La plupart sont des entreprises chimiques qui ont fortement investi dans le développement de produits biotechnologiques, plus précisément dans les secteurs pharmaceutique et agroalimentaire. L'évolution du secteur au cours des vingt dernières années a été marquée par une concentration industrielle de plus en plus prononcée. Les dépenses de recherche des grandes compagnies sont considérables. Il n'est pas possible de savoir quelle part de cette recherche est consacrée au développement d'OGM.
6. Au Canada et au Québec, les entreprises de biotechnologie sont surtout actives dans le domaine de la santé, mais **33 % des firmes canadiennes et 15 % des firmes québécoises de biotechnologie travaillent dans le domaine agricole.** Très peu d'entreprises québécoises développent des produits transgéniques à des fins agricoles ou alimentaires.
7. **Un changement important s'est produit, au cours des dix dernières années, dans la structure du financement de la R-D du domaine de l'agroalimentaire.** La recherche dans le secteur public, c'est-à-dire universitaire et gouvernemental, a connu d'importants ralentissements dans plusieurs pays industrialisés au cours de la dernière décennie, alors que des investissements de plus en plus importants ont été consentis par le secteur privé, notamment dans les biotechnologies. Les semences des principales cultures transgéniques produites actuellement dans le monde ont été développées par des entreprises privées.
8. **Au Canada, le secteur public est un acteur important dans la recherche agroalimentaire.** Ce sont avant tout le gouvernement fédéral, à travers les centres de recherche d'Agriculture et Agroalimentaire Canada et du CNRC, et les universités, qui sont les acteurs majeurs du secteur public. Les dépenses de recherche en agroalimentaire d'Agriculture et Agroalimentaire Canada ont diminué de plus de 12 % en dollars constants, de 1991 à 2001. Par contre, les dépenses de recherche intra-muros du gouvernement fédéral en biotechnologie sont passées de 113 à 178 millions de dollars entre 1997-1998 et 1999-2000. En 1999, les dépenses de R-D intra-muros d'Agriculture et Agroalimentaire Canada en biotechnologie étaient de 55 millions de dollars; les entreprises canadiennes de biotechnologie du secteur agricole dépensaient 115 millions de dollars en R-D au cours de la même année.
9. **Au cours des années 1990, les centres de recherche provinciaux ont été pratiquement absents de la R-D sur les plantes transgéniques.** La plupart d'entre eux ont subi des compressions de fonds importantes. Le gouvernement du Québec a modifié en 1998 le statut de ses stations de recherche. L'Institut de recherche-développement en agroenvironnement (IRDA) regroupe plusieurs des anciennes stations du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ). Le programme de soutien à la recherche du Ministère a cependant connu de très importantes diminutions, depuis 1998-1999.

10. Dans le secteur universitaire, le Conseil a recensé dans la banque SIRU du ministère de l'Éducation, pour la période comprise entre 1995 et 2000, **une quinzaine de chercheurs québécois ayant travaillé sur des projets relatifs à la transgénèse végétale**, et touchant des espèces qui sont cultivées habituellement pour l'alimentation humaine ou animale. Ces chercheurs sont rattachés à cinq universités : Laval, UQAM, McGill, Montréal et Concordia. Le financement total de leurs projets pour la période est de près de 7 millions de dollars, dont 6,1 millions en subventions.

La réglementation gouvernementale des OGM

4.1 Le contexte international

Une réglementation internationale peu homogène

La réglementation internationale en matière de production et de commercialisation des OGM n'est pas homogène. Elle s'est élaborée très progressivement, les gouvernements cherchant à s'adapter à un contexte en continuelle évolution, parfois dans un climat de forte controverse. Les OGM étant des produits relativement nouveaux, la plupart des pays occidentaux ont préféré conserver leurs législations concernant la sécurité alimentaire, en les modifiant au besoin.

Aux États-Unis et au Canada, le régime en vigueur s'appuie sur une approche qui considère les OGM comme des variétés nouvelles des organismes traditionnels dont ils proviennent.

« Les OGM sont donc évalués et réglementés en fonction de leurs caractéristiques propres plutôt qu'en fonction de leur mode de production ». Il a résulté de cette approche « au cas par cas » non pas l'instauration de cadres normatifs autonomes et intégrés, mais plutôt la modification ponctuelle de la réglementation en vigueur¹¹⁹. »

En revanche, l'Union européenne considère les OGM comme une filière alimentaire différente, nécessitant des dispositifs d'évaluation qui lui soient propres. Des directives ont été émises depuis le début des années 1990, énonçant les grandes étapes à suivre et les conditions nécessaires pour parvenir à la commercialisation d'un aliment contenant des OGM.

Organismes internationaux

Plusieurs organismes internationaux ont proposé des lignes de conduite pour guider l'évaluation des aliments dérivés des biotechnologies. Parmi les plus importants, il faut mentionner l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et la Food and Agriculture Organization (FAO) des Nations Unies. Pour sa part, dès 1983, le Comité pour la science et la technologie de l'OCDE mettait en place un groupe d'experts nationaux sur la sécurité des biotechnologies, qui allait produire un guide établissant certains principes d'évaluation des OGM. C'est aussi l'OCDE qui devait introduire la notion d'équivalence substantielle appliquée aux OGM, notion qui a inspiré la réglementation d'un grand nombre de pays.

119. Mathieu Turcotte, « La bataille des OGM : survol des positions et des solutions canadienne, américaine et européenne », *Revue juridique Thémis*, 34, 3, 2000, p. 625-658.

L'ÉQUIVALENCE SUBSTANTIELLE (OU EN SUBSTANCE)

Le concept d'équivalence substantielle apparaît dans un rapport de l'OCDE de 1993, *Évaluation de la sécurité des denrées alimentaires issues de la biotechnologie moderne : concepts et principes*. Le concept y est présenté comme un mécanisme opérationnel servant à indiquer que si un aliment ou un composé alimentaire est essentiellement semblable à un aliment ou à un composé alimentaire existant, il peut être traité de la même manière en ce qui concerne la sécurité. Le concept a été développé ensuite sur plusieurs tribunes internationales (FAO, OMS).

En principe, l'application de l'équivalence substantielle doit prendre en compte plusieurs aspects : dans le cas des plantes, les éléments clés de la composition d'un produit (nutriments caractéristiques, facteurs antinutritionnels, toxines naturelles) comparés avec ceux d'un produit traditionnel de référence, en tenant compte des variations naturelles de l'espèce; de même que les traits phénotypiques et agronomiques habituellement évalués pour l'inscription de la variété au catalogue des semences.

Dans son rapport sur les OGM, le groupe d'experts de la Société royale du Canada a mis en doute le bien fondé de l'interprétation qui est faite du principe d'équivalence substantielle par les organismes d'approbation fédéraux :

« En pratique, au Canada, lorsqu'une variété de culture GM candidate est désignée comme étant un "équivalent substantiel" d'une variété non GM, toute exigence relative à l'évaluation de la nouvelle variété afin de déterminer si des caractéristiques non anticipées peuvent exister est essentiellement écartée¹²⁰ ». Le groupe d'experts signale aussi l'extrême ambiguïté qui existe dans le fait de considérer comme « équivalents en substance » deux organismes ou deux aliments dont un est doté d'un caractère nouveau par rapport à l'autre. Il propose une interprétation différente du principe, qui en ferait une norme de sécurité plutôt qu'un seuil de décision. « Un organisme GM peut être qualifié "d'équivalent substantiel" si des analyses scientifiques rigoureuses établissent que, malgré tous les changements introduits dans l'organisme à la suite de l'introduction de nouveaux gènes, l'organisme ne présente pas de risques sur la santé et sur l'environnement plus importants que l'organisme conspécifique traditionnel¹²¹ ».

La Commission du Codex Alimentarius est à développer un nouveau cadre d'évaluation des aliments produits avec l'intervention de la biotechnologie. Ce cadre d'évaluation s'appuie sur une version nouvelle de la notion d'équivalence substantielle. Après avoir noté que peu d'aliments en circulation, même traditionnels, ont été soumis à une évaluation scientifique complète — ce qui explique la présence en vente libre d'aliments considérés comme antinutritifs, voire nocifs, qui n'auraient peut-être pas passé les tests traditionnels —, le groupe de travail du Codex propose une démarche d'évaluation fondée sur le « principe que l'innocuité des aliments issus de nouvelles variétés végétales, incluant les plantes génétiquement modifiées, soit évaluée en comparaison avec un produit similaire établi comme sécuritaire (contrepartie conventionnelle), et en prenant en considération tous les effets prévus et imprévus¹²² ».

Le groupe de travail du Codex Alimentarius, comme le groupe d'experts de la Société royale du Canada, considère cette nouvelle interprétation de l'équivalence substantielle comme une étape clé dans le processus d'évaluation. Il s'agit de dresser l'inventaire de toutes les différences existant — pas seulement les différences désirées — entre un aliment nouveau et sa contrepartie conventionnelle. Le bilan des différences sert ensuite de guide à l'évaluation spécifique des risques possibles. Cette façon de procéder, selon le groupe de travail lui-même, ne garantit pas l'innocuité absolue du nouvel aliment, mais permet de concentrer l'analyse sur chacun des points qui le distinguent en substance d'un aliment sécuritaire.

120. *Rapport du groupe d'experts de la Société royale du Canada*, p. 199.

121. *Ibid.*, p. 202.

122. *Proposed Draft Guideline for the Conduct of Safety Assessment of Foods Derived from Modified Plants*, Codex Alimentarius, septembre 2000.

La Commission du Codex Alimentarius constitue la principale référence internationale en matière de standardisation des procédures concernant les aliments. Basée à Rome et administrée conjointement par la FAO (Food and Agriculture Organization) et l'OMS (Organisation mondiale de la santé), la Commission a été fondée en 1961 et réunit 163 pays représentant 97 % de la population mondiale. Elle prolonge une tentative antérieure visant à créer en Europe, pour les produits alimentaires, des normes volontaires, uniformes et scientifiquement fondées. Depuis sa création, le Codex a pour mission de protéger la santé des consommateurs, de garantir l'honnêteté des pratiques commerciales dans le domaine alimentaire, et de promouvoir la coordination entre tous les travaux de normalisation alimentaire entrepris par des organismes internationaux, gouvernementaux ou non.

Les normes, directives et recommandations du Codex n'ont pas de caractère obligatoire; elles servent néanmoins de référence à l'Organisation mondiale du commerce (OMC) pour les litiges dans le commerce international. Le rôle actuel du Codex s'est accru notamment avec la montée des inquiétudes concernant des caractéristiques non immédiatement perceptibles des aliments : additifs alimentaires, micro-organismes, résidus de pesticides et contaminants environnementaux.

Certains grands traités internationaux en matière de protection environnementale influencent également la réglementation internationale. En 1992, à Rio de Janeiro, la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (Sommet de la Terre) définissait 27 principes fondant le développement durable (*Déclaration de Rio*). C'est là qu'était énoncé le **principe de précaution** (voir encadré), qui stipule qu'en cas de risques de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures visant à prévenir la dégradation de l'environnement.

La *Convention des Nations Unies sur la diversité biologique*, mise en vigueur en 1993, oblige les États signataires à adopter des stratégies visant à maintenir la diversité des écosystèmes et des espèces, la variabilité génétique des espèces, l'utilisation durable des espèces et des écosystèmes, le partage juste et équitable des avantages découlant de l'utilisation des ressources génétiques. De l'article 19 de la Convention, découle le *Protocole de Cartagena* (ou Carthagène) sur la prévention des risques biotechnologiques, négocié à Montréal, en janvier 2000, lors de la première Conférence extraordinaire des parties à la *Convention des Nations Unies sur la diversité biologique*. Deux grandes questions ont été débattues, soit la reconnaissance du « principe de précaution » et la subordination du protocole aux règles de l'Organisation mondiale du commerce¹²³. Certains pays, invoquant la liberté de commerce, réclamaient que le fardeau de la preuve scientifique échoie aux pays qui refuseraient d'importer des OGM pour des raisons de santé ou d'environnement. D'autres ne voulaient pas voir

123. L'Organisation mondiale du commerce (OMC), qui régit le commerce international entre pays membres, n'a aucune autorité sur l'approbation des cultures transgéniques. Cependant, l'organisme a un droit de regard sur les « produits » faisant l'objet de commerce international. Ainsi, l'Accord sur les produits sanitaires et phyto-sanitaires (Accord du GATT de 1994) autorise un État à prendre des mesures afin de protéger la santé et la vie des personnes et des animaux, ou la préservation des végétaux, à la condition que ces mesures soient fondées sur des principes scientifiques et qu'elles ne servent pas comme un moyen de « discrimination arbitraire ou injustifiable entre les Membres » ou de « restriction déguisée au commerce international ».

l'OMC se mêler de litiges relatifs aux aspects environnementaux ou sanitaires liés aux OGM. Le Protocole établit des règles encadrant la circulation, la manipulation et l'utilisation d'organismes vivants modifiés qui peuvent avoir des effets défavorables sur la biodiversité et sur la santé humaine. Par « organisme vivant modifié », le texte entend toute « entité biologique capable de transférer ou de répliquer du matériel (et) possédant une combinaison de matériel génétique inédite obtenue par recours à la biotechnologie moderne ». Le Protocole encadre également le commerce international des OGM en mettant sur pied un système de notification préalable des exportations de produits issus du génie génétique qui sont susceptibles de se retrouver dans l'environnement.

LE PRINCIPE DE PRÉCAUTION

Le principe 15 de la *Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement*, adoptée en 1992, lors du Sommet de la Terre, peut se lire ainsi : « En cas de risque de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement ».

Le *Protocole de Carthagène*, adopté à Montréal en 2000, traduit le principe en une approche de précaution pour la gestion des OVM (organismes vivants modifiés) : « L'absence de certitude scientifique due à l'insuffisance des informations et connaissances scientifiques pertinentes concernant l'étendue des effets défavorables potentiels d'un OVM sur la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique dans la Partie importatrice, y compris les risques qu'il comporte pour la santé humaine, n'empêche pas cette Partie de prendre comme il convient une décision concernant l'importation de l'OVM en question [...] pour éviter ou réduire au minimum ces effets défavorables potentiels ».

Selon le groupe d'experts de la Société royale du Canada « le principe de précaution indique comment traiter l'incertitude en matière d'évaluation et de gestion du risque; il s'agit d'une règle qui recommande que l'incertitude soit traitée en faveur de certaines valeurs – la protection de la santé et de l'environnement – au détriment d'autres valeurs. En science, l'incertitude engendre une possibilité d'erreur lorsqu'on tente de prévoir les risques et les bénéfices. Le principe de précaution utilise l'hypothèse suivante : si les meilleures prédictions s'avèrent erronées, il est préférable que cette erreur soit faite en faveur de la sécurité. C'est-à-dire que, tout bien considéré, il est préférable de ne pas profiter des bénéfices importants d'une technologie en prédisant de manière erronée les risques de dommages nuisibles sur la santé et l'environnement que de subir ces dommages graves en prédisant les risques, aussi de manière erronée¹²⁴ ».

Il faut aussi faire une différence entre précaution et prévention. « Si la prévention a rapport à des risques avérés, dont l'existence est scientifiquement établie, et la probabilité plus ou moins bien évaluée, la précaution a affaire à des risques potentiels et qui, pour être vraisemblables, ne sont pas encore scientifiquement établis. Ce qui différencie la prévention de la précaution, c'est que la première relève d'un calcul d'optimisation en avenir incertain, quand la seconde est une procédure de décision en avenir controversé. Les risques auxquels s'applique le principe de précaution n'étant pas prouvés, leur présomption même est en effet sujette à caution¹²⁵ ».

124. Rapport du groupe d'experts de la Société royale du Canada, p. 219.

125. Catherine et Raphaël Larrère, « Le principe de précaution », *Biofutur*, 209, mars 2001, p. 29.

Les sections qui suivent présentent un tour d'horizon rapide des régimes législatifs et réglementaires qui s'appliquent à l'autorisation des OGM dans l'Union européenne, aux États-Unis et au Canada. L'essentiel se retrouve rassemblé dans le tableau 19. La question de l'étiquetage et de la traçabilité font ensuite l'objet d'une section particulière. Le chapitre se termine par une section sur le Québec.

4.2 L'Union européenne

Le régime législatif et réglementaire européen concernant les OGM est actuellement en transition, avec l'entrée en vigueur progressive, jusqu'en octobre 2002, des dispositions de la Directive 2001/18/CE, relative à la traçabilité et l'étiquetage obligatoire des OGM. Jusqu'à tout récemment, le régime reposait sur le Règlement général 258/97, qui s'applique à l'autorisation de nouveaux aliments et de nouveaux ingrédients alimentaires à des fins de consommation humaine, et la Directive 90/220/CEE, portant sur la dissémination volontaire d'organismes génétiquement modifiés dans l'environnement¹²⁶.

Commission européenne

La surveillance générale de la mise en œuvre de la législation et des directives revient à l'organe exécutif de l'Union européenne, la Commission européenne. Les pouvoirs de cette commission sont exercés par des comités spécialisés composés de représentants des États membres. Quatre d'entre eux traitent spécifiquement des questions de sécurité alimentaire : mesures vétérinaires, alimentation humaine, alimentation animale et plantes. La Commission peut engager des procédures contre les États membres ou les entreprises qui ne respectent pas le droit communautaire et, en dernier recours, saisir la Cour de justice des Communautés européennes.

4.2.1 Approbations environnementales

Autorisation de cultures en milieu confiné

Avant de pouvoir être soumises à une autorisation de mise en marché, les plantes transgéniques doivent faire l'objet de tests dans des conditions de culture expérimentales. Les essais au champ sont réalisés d'abord en milieux confinés, habituellement sur de petites parcelles.

En Europe, la Directive 90/220/CEE¹²⁷ régit l'expérimentation des cultures transgéniques en champs confinés ainsi que leur dissémination à des fins commerciales. Le préambule de la directive établit une reconnaissance explicite que la dissémination des OGM peut poser un risque pour la santé ou l'environnement. Si les États membres trouvent opportun de réglementer sur le sujet, c'est que « des organismes vivants disséminés dans l'environnement, à des fins expérimentales ou en tant que produits commerciaux, peuvent se reproduire dans l'environnement et franchir les frontières nationales », qu'« une telle dissémination peut avoir des effets irréversibles sur l'environnement », enfin, que « la protection de la santé humaine et de l'environnement demande qu'une attention particulière soit accordée au contrôle des risques découlant de

126. *Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council*, Bruxelles, COM(2001) 182 final, 25 juillet 2001, et JO n° L106 du 17 avril 2001, p. 0001-0039.

127. *Directive du 23 avril 1990, relative à la dissémination volontaire d'organismes génétiquement modifiés dans l'environnement* (90/220/CEE), JO n° L 117, 08.05.1990, p. 15, telle que modifiée par les directives 94/15/CE, JO n° L 103 22.04.1994, p. 20 et 97/35/CE, JO n° L 169, 27.06.1997, p. 72., une autre directive (90/219/CEE) régit l'utilisation confinée de micro-organismes génétiquement modifiés.

Tableau 19 :
Systèmes d'approbation des OGM dans l'Union européenne, aux États-Unis et au Canada

Objet de l'autorisation	Union européenne (régime en vigueur jusqu'en octobre 2002)	Union européenne (nouveau régime, à partir d'octobre 2002)	États-Unis	Canada
Cultures en milieu confiné	Demande présentée à l'autorité nationale compétente du pays où a lieu l'essai en champ, assortie d'un dossier technique sur la plante, la modification génétique, ses interactions avec l'environnement, etc. Autorisation accordée pour le pays seulement. La Commission européenne est informée.	Demande adressée à l'autorité nationale compétente du pays où a lieu l'essai en champ, assortie d'un dossier technique, ses interactions avec l'environnement, etc. Autorisation accordée pour le pays seulement. La Commission européenne est informée.	Autorisations requises de l'Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS) et, pour les plantes GM produisant des protéines insecticides, de l'Environmental Protection Agency (EPA).	Demande adressée à l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) : informations exigées sur la plante et ses modifications génétiques; essais sous la supervision du Bureau de biosécurité végétale de l'ACIA. Information sur les essais en champ transmise aux provinces.
Dissémination en milieu ouvert à des fins de production et de commercialisation	Demande adressée à l'autorité compétente du pays où aura lieu la première dissémination. Dossier technique complet exigé. Les autres États membres peuvent exprimer des objections; en ce cas, la Commission européenne statue. L'autorisation vaut pour l'ensemble de la CE.	Demande adressée à une instance unique, l'Autorité alimentaire européenne (AAE). Évaluation des risques unique : santé et environnement. La demande comprend un dossier technique complet, ainsi qu'un plan de surveillance. La décision de l'AAE est soumise au public.	Sur la base des résultats des essais en champ, l'APHIS décide de reconnaître que la plante ne tombe plus sous sa juridiction, ce qui équivaut à donner l'autorisation de dissémination. L'EPA autorise l'enregistrement de la plante après vérification, selon les normes en vigueur, de son innocuité comme pesticide, pour la santé et l'environnement.	Deuxième autorisation requise de l'ACIA sur la base d'une évaluation phénotypique et environnementale.
Mise en marché d'un nouvel aliment	Demande adressée à un État membre, assortie de toutes les informations requises et d'un plan de présentation et d'étiquetage du produit. Les autres États membres peuvent exprimer des objections; en ce cas, la Commission européenne statue. Possibilité de dérogation si équivalence substantielle démontrée.	La Commission européenne peut renverser ou modifier la décision de l'AAE en justifiant sa position. Autorisations accordées pour une période maximum de 10 ans.	Notification de mise en marché adressée à la Food and Drug Administration (FDA). Un aliment nouveau est présumé équivalent en substance à un aliment traditionnel de référence, sauf si un danger possible de toxicité ou d'allergénicité est identifié.	Demande adressée à Santé Canada. Données requises sur l'exposition alimentaire, la composition nutritionnelle, les facteurs antinutritionnels et la biodisponibilité des éléments nutritifs. Utilisation du principe d'équivalence substantielle.

la dissémination volontaire d'organismes génétiquement modifiés (OGM) dans l'environnement¹²⁸».

La Directive 90/220/CEE prévoit, pour tout essai en milieu confiné, une procédure de notification préalable à l'autorité compétente du pays où se déroulera l'essai. Elle énumère également les éléments d'informations techniques que le demandeur doit fournir à cet organisme et les mesures de sécurité et de confinement à respecter dans le cadre de l'expérimentation. Elle prévoit enfin une procédure d'échange de l'information ainsi obtenue avec la Commission européenne. La procédure d'autorisation des essais expérimentaux demeure cependant sous la responsabilité de chaque État membre et ne vaut que pour cet État. Il en est autrement pour la dissémination d'OGM à des fins commerciales, dont l'autorisation devra être délivrée pour l'ensemble de l'Union européenne.

Commission
du génie
biomoléculaire
française

En France, par exemple, l'autorité compétente pour autoriser la dissémination d'OGM à des fins de recherche et développement est le ministère de l'Agriculture. Toutefois, c'est la Commission du génie biomoléculaire, créée en 1986, qui a la responsabilité d'évaluer les risques environnementaux de chaque demande.

« Les procédures d'autorisation de dissémination sont relativement simples pour les essais de recherche et de développement. Un dossier est déposé auprès de l'autorité compétente qui dispose de 90 jours pour l'examiner, l'évaluer, l'autoriser ou l'interdire, avec ou sans conditions. Les autorisations de dissémination respectent le principe d'une progression par étapes. C'est tout particulièrement le cas dans les premières phases d'essais au cours desquelles on sélectionne les modifications génétiques, qui doivent se dérouler dans des domaines expérimentaux contrôlés avec des mesures d'isolement (culture en contre-saison, destruction avant floraison, barrières physiques)... Dans la phase ultérieure d'essais agronomiques, les mesures d'encadrement des essais consistent essentiellement à respecter les distances d'isolement, à mettre en place des pièges à pollen en bordure de l'essai et à suivre les parcelles pendant quelques années¹²⁹. »

Dissémination à
des fins de
production et de
commercialisation

La Directive 90/220/CEE s'applique également à la dissémination volontaire des OGM pour fins de production et de commercialisation, cette dernière incluant la mise en marché de semences transgéniques. Basée sur une approche prudente et sur une évaluation des demandes cas par cas, elle prévoit la mise sur pied, à l'intérieur de chaque pays membre, d'un système de notification préalable adressée à une autorité compétente qui évalue la demande et accorde ou non son approbation¹³⁰.

Toute demande doit d'abord se faire dans un pays déterminé. L'autorité compétente de ce pays a 90 jours pour faire connaître sa décision, laquelle est délivrée en principe « au nom de tous les États membres ». L'autorisation de dissémination accordée dans un pays vaut pour l'ensemble de l'Union européenne. Par contre, toujours selon la Directive, d'autres pays membres peuvent exprimer des objections à ce que soit accordée cette autorisation. Ils ont un délai de 60 jours pour le faire. En cas d'objections, la décision appartient alors à la Commission européenne et cette décision lie tous les pays membres.

128. Considérants de la Directive 90/220.

129. Commissariat général du plan, *OGM et agriculture*, p. 52.

130. Turcotte, *op. cit.*, p. 651.

Une fois l'autorisation obtenue, soit par l'absence de contestation d'un pays membre, soit à la suite d'une décision favorable de la Commission, la dissémination du produit génétiquement modifié est permise automatiquement dans tous les pays de l'Union. Un État membre ne peut « interdire, restreindre ou empêcher la mise sur le marché de produits consistant en OGM ou en contenant et conformes aux exigences de la présente directive » (90/220/CEE, art.15).

Principe de précaution

La Directive 90/220/CEE intègre également, dans une certaine mesure, le principe de précaution. L'article 16 de la directive permet en effet à un pays membre, à titre provisoire seulement, d'interdire la culture ou la mise en marché d'un OGM sur son territoire en présence d'un « risque pour la santé humaine ou l'environnement », mais octroie cependant un droit de regard à la Commission européenne sur le sérieux des motifs invoqués. Sous l'égide de cet article, huit « moratoires » ont été décrétés par l'Autriche, le Luxembourg, la France, la Grèce et l'Allemagne, dont six ont été jugés injustifiés par le comité scientifique de la Commission européenne¹³¹.

Moratoire *de facto*

La Directive 90/220 a fait l'objet d'une révision importante dans le cadre de l'élaboration du *Livre blanc sur la sécurité alimentaire* (voir plus loin). C'est dans le contexte de cette révision qu'un moratoire *de facto* a été imposé pour l'ensemble de l'Union européenne, en juin 1999, alors que le Conseil européen suspendait toute nouvelle autorisation de commercialisation d'organismes génétiquement modifiés jusqu'à ce que le processus de mise à jour de la directive soit mené à terme.

Nouvelle directive

La nouvelle Directive 2001/18/CE, abrogeant la 90/220/CEE, et entrant en application en octobre 2002, a pour but de rendre la procédure d'autorisation de dissémination volontaire et de mise en marché des OGM plus efficace et plus transparente. Elle limite l'autorisation à une durée de 10 ans (renouvelable) et introduit une obligation de contrôle après la mise en marché. Elle prévoit une méthode commune d'évaluation des risques, la consultation du public à l'étape de l'évaluation et l'étiquetage obligatoire. Une des dispositions de la nouvelle directive vise l'élimination progressive de l'utilisation de gènes marqueurs de résistance aux antibiotiques, d'ici le 31 décembre 2004.

Sur la procédure d'évaluation préconisée, la nouvelle directive distingue les « effets immédiats », c'est-à-dire ceux qui sont observés au cours de la dissémination, les « effets différés » qui ne deviennent apparents qu'à un stade ultérieur de la dissémination ou après la fin de la dissémination, ainsi que les « effets cumulés à long terme » qui « font référence à l'effet qu'aurait l'accumulation d'autorisations sur la santé humaine et l'environnement, notamment sur la flore et la faune, la fertilité du sol, la dégradation de matériaux organiques par le sol, la chaîne alimentaire humaine ou animale, la diversité biologique, la santé animale et les problèmes liés à la résistance aux antibiotiques » (2001/18/CE, annexe II).

131. Turcotte, *op. cit.*, p. 652.

4.2.2 Approbation de nouveaux aliments

En ce qui concerne l'approbation des aliments nouveaux, la base juridique générale en Europe, le Règlement 258/97/CE¹³², s'applique aussi aux aliments et ingrédients alimentaires pour consommation humaine contenant des OGM. Ce règlement tient compte de l'évaluation environnementale qui est faite dans le cadre de la Directive 90/220/CEE et ajoute des mesures d'évaluation de l'innocuité des aliments. Il prévoit des modalités d'évaluation et d'autorisation de mise en marché identiques sur le territoire européen.

Une demande d'autorisation de mise en marché d'aliment nouveau doit être acheminée à l'autorité compétente d'un État membre, avec copie à la Commission. Par exemple, en France, l'Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA), créée en 1999, a une mission d'évaluation des risques nutritionnels et sanitaires concernant toutes les catégories d'aliments destinés à l'homme ou à l'animal. En Angleterre, la responsabilité d'évaluer les aliments nouveaux relève d'un organisme indépendant appelé Advisory Committee on Novel Foods and Processes (ACNFP), une branche de la Food Standard Agency, institué en 2000. Les membres de l'ACNFP sont pour la plupart des scientifiques, mais comprennent aussi un représentant du public et un éthicien.

La demande est accompagnée de « toutes les informations nécessaires », y compris les études appropriées, ainsi qu'une proposition concernant la présentation du produit et son étiquetage. Sur réception de la demande, l'État membre « veille à ce qu'une évaluation initiale soit effectuée ». Il peut aussi demander à la Commission de voir à ce qu'un organisme approprié évalue cette demande. Dans un délai de 90 jours, un rapport d'évaluation détermine s'il faut demander une évaluation complémentaire. Comme dans le cas de la Directive 90/220/CEE, le Règlement 258/97 permet un droit de regard des autres pays membres, par le biais d'une procédure d'objection. Le comité scientifique de l'alimentation humaine de la Commission européenne doit être consulté sur toute question pouvant avoir un effet sur la santé publique.

Équivalence
substantielle

Le Règlement 258/97 permet, par son article 5, une dérogation au processus d'autorisation d'un aliment nouveau « qui, sur la base des données scientifiques disponibles et généralement reconnues ou sur la base d'un avis rendu par l'un des organismes compétents [...] sont substantiellement équivalents à des aliments ou ingrédients alimentaires existants en ce qui concerne leur composition, leur valeur nutritive, leur métabolisme, l'usage auquel ils sont destinés et leur teneur en substances indésirables » (art. 3.4). Cette disposition a permis dans le passé aux producteurs d'aliments provenant de sources transgéniques, mais réputés ne plus contenir d'OGM, d'introduire leur produit sur les marchés européens par une simple notification à la Commission. La notification doit s'accompagner d'un avis de l'autorité nationale compétente ou d'une preuve scientifique suffisante pour établir qu'aucune différence significative ne subsiste quant à la composition, la valeur nutritive ou la toxicité des aliments nouveaux en question. Cette application du principe d'équivalence substantielle a été utilisée pour introduire en Europe certains produits dérivés d'OGM, tels que l'huile de colza transgénique.

132. Règlement 258/97 du 25 janvier 1997, relatif aux nouveaux aliments et aux nouveaux ingrédients alimentaires, JO n° L 043, 14.02.1997.

Le 12 janvier 2000, la Commission européenne présentait un *Livre blanc sur la sécurité alimentaire*¹³³, qui jette les bases d'une nouvelle stratégie en matière de gestion des aliments et des risques alimentaires. Elle comprend la mise en place d'une Autorité alimentaire chargée de certaines responsabilités essentielles, dont la formulation d'avis scientifiques, la collecte d'informations, la gestion des systèmes d'alerte rapide et la communication. La Commission propose des principes, tels que la responsabilité des fabricants d'aliments, la traçabilité des produits et l'application du principe de précaution. Le Livre blanc évoque également la création d'un dispositif législatif et de contrôle totalement intégré recouvrant tous les aspects de la production alimentaire « de la ferme à la table », l'amélioration de l'information des consommateurs et les questions internationales.

Il est prévu que la procédure d'autorisation en vue de la mise sur le marché de nouveaux aliments — aliments ou ingrédients alimentaires qui n'ont pas encore été utilisés dans l'alimentation humaine, en particulier ceux qui contiennent des organismes génétiquement modifiés ou en sont dérivés — soit revue, clarifiée et rendue plus transparente. Une procédure « une seule clé par porte » sera introduite pour l'autorisation des OGM dans les denrées alimentaires. Cette procédure consistera en une évaluation scientifique unique, réalisée par les comités scientifiques de l'Autorité alimentaire européenne, laquelle est entrée en fonction le 1^{er} janvier 2002. Ainsi, après qu'un requérant lui aura soumis une demande d'autorisation complète pour la production d'un OGM, incluant une évaluation des risques et la présentation des méthodes d'analyse utilisées, l'Autorité devra rendre publique sa décision. Les citoyens disposeront alors de 30 jours pour formuler des commentaires.

4.3 Les États-Unis

Contrairement à l'Union européenne, l'intervention gouvernementale en matière alimentaire aux États-Unis ne donne pas lieu à des mesures visant spécifiquement les OGM. Le cadre législatif et réglementaire qui s'applique aux aliments de source transgénique est le même que celui qui prévaut dans le cas de tout aliment nouveau. La philosophie d'intervention, énoncée d'abord par l'Office of Science and Technology Policy (OSTP) en 1986, dans un document intitulé *Coordinated Framework for Regulation of Biotechnology*, affirme que les nouveaux produits de la biotechnologie doivent être réglementés « essentiellement de la même façon que les produits obtenus par d'autres techniques, en ce qui a trait à leur sécurité et à leur efficacité¹³⁴ ».

Selon cette approche, la méthode utilisée pour fabriquer un aliment, comme le fait d'avoir eu recours à la transgénèse, est considérée comme secondaire : l'essentiel, dans le régime américain, est de s'assurer de l'innocuité du produit, c'est-à-dire de l'aliment lui-même. Pour le gouvernement américain, il n'y a pas de raisons de traiter les produits de la biotechnologie agricole différemment des autres produits agricoles, dès lors qu'un système général de contrôle efficace des aliments existe déjà.

133. *Livre blanc sur la sécurité alimentaire*, Commission des communautés européennes, Bruxelles, COM (1999) 719 FINAL, 12 janvier 2000.

134. *Coordinated Framework for Regulation of Biotechnology*, OSTP, 1986.

La gestion des OGM relève de la responsabilité des ministères et agences suivants :

- le ministère de la Santé et des Services sociaux (*Department of Health and Human Services — DHHS*),
- l'Administration fédérale des produits alimentaires et pharmaceutiques (*Food and Drug Administration — FDA*),
- le Service d'inspection et de sécurité des aliments (*Food Safety and Inspection Service — FSIS*),
- le Service d'inspection de la santé animale et végétale (*Animal and Plant Health Inspection Service — APHIS*) du ministère de l'Agriculture (*U.S. Department of Agriculture — USDA*), et
- l'Agence de protection de l'environnement (*Environmental Protection Agency — EPA*).

4.3.1 Approbations environnementales

La culture en milieu confiné et de plantes transgéniques relèvent du US Department of Agriculture (USDA), en vertu de sa responsabilité sur la protection des cultures contre les maladies et les fléaux parasitaires. L'USDA exerce cette responsabilité principalement par le truchement du Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS).

La culture d'un OGM en milieu confiné requiert une procédure de notification à l'APHIS¹³⁵. Seules les plantes considérées comme comportant un niveau de risque élevé, comme les mauvaises herbes nuisibles, doivent faire l'objet d'un permis par l'Agence. La production de plantes intégrant des micro-organismes pathogènes relève également de sa juridiction : l'utilisation de plasmides d'origine bactérienne comme vecteurs d'insertion en transgénèse végétale, de même que le recours à des promoteurs d'origine virale, comme le 35S de la mosaïque du chou-fleur, justifient son intervention. Pour décerner un permis d'essai en milieu confiné, l'APHIS réclame l'information pertinente sur la façon dont la plante a été développée et sur les mesures de contrôle qui seront prises lors de la phase d'expérimentation. L'organisme fédéral avertit alors le département de l'Agriculture de l'État où aura lieu l'essai.

Pour sa part, l'Environmental Protection Agency (EPA) est chargée d'appliquer la réglementation sur l'évaluation et l'utilisation de pesticides, qu'ils soient d'origine chimique ou biologique. Elle n'intervient au niveau des essais au champ que dans les cas où sont intégrées génétiquement aux plantes testées des propriétés de résistance à certains insectes¹³⁶. L'Agence considère qu'une plante modifiée génétiquement pour lutter contre des insectes contient un pesticide (biologique plutôt que chimique). Pour faire l'essai d'un nouveau pesticide ou encore l'essai d'un pesticide connu et enregistré pour un usage non encore

135. *Introduction of Organisms and Products Altered or Produced through Genetic Engineering Which Are Plant Pests or Which There Is Reason to Believe Are Plant Pests*, 7 C.F.R., 340.3, Turcotte, *op. cit.*, p. 645.

136. L'EPA agit pour ce faire sous l'autorité du *Federal Insecticides, Fungicides, and Rodenticides Act*, 7 U.S.C. 136 et de sa réglementation.

approuvé, le producteur doit en général obtenir un permis. Dans certaines conditions, une notification est suffisante¹³⁷.

Dissémination à des fins de production et de commercialisation

Pour qu'une plante génétiquement modifiée puisse acquérir un statut autre qu'expérimental et passer à l'étape de la production commerciale, son producteur doit soumettre à l'APHIS une demande d'exemption de la réglementation¹³⁸. Sur la base des résultats obtenus au cours d'essais en milieu restreint, l'Agence décide si une dissémination de la plante à plus grande échelle peut se faire sans risques; dans l'affirmative, elle décrète que la plante ne relève plus de sa juridiction.

Alors que l'APHIS s'assure que l'OGM étudié n'est plus de sa responsabilité pour donner son aval à une culture à grande échelle, l'EPA exige au contraire l'enregistrement des plantes à pesticides avant que la phase de dissémination en milieu ouvert ne s'amorce¹³⁹. Pour obtenir l'enregistrement, le développeur de plante transgénique doit fournir des données sur la biologie de la plante, la source du gène et son expression, la nature de la substance pesticide produite, ses effets sur des organismes non ciblés, sa propagation dans l'environnement. Des tests d'allergénicité et de toxicité sont également requis.

L'EPA évalue également les niveaux acceptables de pesticides dispersés sur les cultures ou intégrés directement aux plantes par voie de modifications génétiques. Qu'il soit destiné à la consommation humaine ou animale, un aliment ne peut être légalement commercialisé aux États-Unis s'il contient un résidu de pesticide pour lequel l'EPA n'admet aucune tolérance, ou si la concentration de pesticides dans l'aliment en question est supérieure à la limite fixée.

4.3.2 Approbation de nouveaux aliments

Approbation d'aliments nouveaux

Aux États-Unis, l'approbation des aliments nouveaux tombe sous la juridiction de la Food and Drug Administration (FDA) qui agit en vertu de la *Federal Food, Drug and Cosmetic Act*¹⁴⁰ (FFDCA) et d'une politique adoptée en 1992¹⁴¹.

Dans le processus d'évaluation de l'innocuité d'un aliment nouveau, la FDA prend le relais des deux agences principalement chargées de la protection de l'environnement, soit l'APHIS et l'EPA. La FDA a le pouvoir de retirer du marché un aliment qui pourrait poser des risques à la santé publique. En 1992, l'Agence a édicté une politique clarifiant sa philosophie et son rôle concernant l'évaluation de l'innocuité des aliments, incluant les aliments génétiquement modifiés importés et consommés aux États-Unis. Cette politique comprend un protocole scientifique cadre dont les producteurs doivent s'inspirer pour assurer la sécurité de leurs produits¹⁴².

137. *Experimental Use Permits*, 40 C.F.R. 172, Parties A et C, Turcotte, *op. cit.*, p. 645.

138. *Petition for Determination of Nonregulated Status*, 7 C.F.R. 340, note 49, art. 340.6, Turcotte, *op. cit.*, p. 646.

139. L'Agence se base sur le *Federal Insecticides, Fungicides and Rodenticides Act*, note 50, 136a : cette loi est complétée par le règlement *Data Requirements for Registration*, 40 C.F.R. 158, ainsi que par les lignes directrices *Microbial Pesticide Test Guidelines*, OPPTS 885.0001, qui prévoit en plus de détails, les informations nécessaires pour que la procédure d'enregistrement soit complétée.

140. *Federal Food, Drug and Cosmetic Act*, 21 U.S.C. 19.

141. *Statement of Policy : Foods Derived from New Plant Varieties*, 57 Fed. Reg., vol. 27, n° 104, mai 29, 1992.

142. Turcotte, *op. cit.*, p. 647.

D'après la FDA, les nouvelles méthodes de croisement offertes par la biotechnologie moderne sont de simples extensions des méthodes traditionnelles d'hybridation utilisées antérieurement. Sur cette base, aucune procédure formelle de notification ou d'approbation préalable à la mise en marché d'un aliment transgénique n'est prévue dans la grande majorité des cas. *A priori*, la commercialisation d'aliments entiers, tels que les fruits et les légumes, n'est pas sujette à l'évaluation de la FDA.

La FDA compte sur le jugement des producteurs pour déterminer si les aliments proposés doivent être considérés comme sécuritaires, c'est-à-dire en somme s'ils sont « équivalents en substance » à des variétés existant déjà sur le marché. Pour la même raison, les additifs alimentaires produits par des OGM n'ont pas à subir d'évaluation particulière, s'ils sont « generally recognized as safe » (GRAS).

Projet de réglementation

L'information sur les aliments de source transgénique est transmise à la FDA sur la base d'une « consultation volontaire ». On attend des compagnies qu'elles prennent contact avec l'Agence, durant les premières phases de développement, puis qu'elles fournissent à point nommé les informations garantissant l'innocuité des produits. Le 18 janvier 2001, la FDA a publié une proposition de règlement instituant un système de notification obligatoire préalable à la mise en marché de tout OGM¹⁴³. Si le nouveau règlement est adopté, des informations seraient requises obligatoirement sur les caractéristiques de la plante, sur la modification génétique et sa stabilité, sur la toxicité et l'allergénicité des nouvelles protéines. Les informations comprendraient aussi une analyse chimique des principaux nutriments et toxines.

4.4 Le Canada

Au Canada, le gouvernement fédéral joue un rôle fondamental, mais non exclusif, dans la protection de la santé publique, y compris en matière d'innocuité des aliments. Il assume la responsabilité principale pour ce qui est de repérer les risques sanitaires associés à l'approvisionnement alimentaire, d'évaluer la gravité et la probabilité du préjudice ou du dommage et d'élaborer les stratégies nationales de gestion des risques.

Approche canadienne

Le gouvernement canadien utilise, concernant les aliments issus de la biotechnologie, la même approche que celle qui s'applique pour contrôler l'innocuité des aliments nouveaux en général. Comme aux États-Unis, l'attention se porte sur le produit final plutôt que sur les méthodes de fabrication. Le Canada a pris l'engagement, en juillet 1998, d'harmoniser sa réglementation en matière de biotechnologie agricole avec celle des États-Unis. L'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA), Santé Canada et le US Department of Agriculture (USDA) ont signé un accord pour la mise en commun des pratiques de caractérisation génétique moléculaire des produits transgéniques et pour l'élaboration de listes de contrôle à l'intention des examinateurs.

Rôle des provinces

De leur côté, les provinces ont aussi le pouvoir d'adopter des lois sur les aliments, y compris des normes en matière d'innocuité, de qualité et de commerce des aliments, en complémentarité avec les lois fédérales. Il existe également des lois provinciales pour régir les méthodes d'élevage, les pratiques agricoles et

143. *Premarket Notice Concerning Bioengineering Foods*, FDA, Department of Health and Human Services, 66 Fed. Reg. 4706, 18 janvier 2001.

l'homologation des installations de traitement des viandes et des établissements laitiers qui vendent leurs produits à l'intérieur des provinces. Les programmes d'inspection des provinces s'appliquent aux établissements de transformation des aliments, de restauration collective et de vente au détail d'aliments, aux hôpitaux, aux maisons de soins infirmiers, aux cuisines communautaires et aux banques alimentaires.

Les deux paliers de gouvernement peuvent adopter des lois en vue de protéger la santé publique. Ils interviennent conjointement dans certains champs de responsabilité, comme la recherche, l'étiquetage, la sécurité du revenu et le financement agricole¹⁴⁴. Historiquement, dans le secteur alimentaire, le gouvernement fédéral a assumé l'intervention dans les provinces, sauf au Québec où c'est le gouvernement québécois qui a assumé principalement ce rôle¹⁴⁵, notamment en matière d'inspection des aliments. La vulgarisation de l'information agricole et la gestion des programmes d'aide aux agriculteurs sont des champs traditionnellement occupés par le Québec. La formation et la protection du territoire sont des champs d'activité de compétence exclusive au Québec.

Du côté du droit commercial, la Constitution canadienne confère généralement au gouvernement fédéral un pouvoir législatif en matière de commerce interprovincial et international; les gouvernements provinciaux peuvent régir le commerce local (intraprovincial). Les deux paliers peuvent adopter des normes de qualité à l'intérieur de leurs sphères de compétence¹⁴⁶. Les normes fédérales s'appliquent dans toutes les provinces; les normes provinciales ne peuvent être moins sévères que les normes fédérales, mais elles peuvent l'être davantage.

Autorisation de cultures en milieu confiné

L'ACIA a la responsabilité d'autoriser les essais au champ de plantes de grande culture provenant d'OGM. Elle tient son mandat de la *Loi sur les semences*, de la *Loi sur la protection des plantes*, de la *Loi relative aux aliments du bétail*, de la *Loi sur les engrais* et de la *Loi sur la santé des animaux*.

Les demandes qui lui sont adressées pour des essais de culture en milieu confiné doivent respecter les exigences mentionnées au *Règlement sur les semences* et à la Directive 2000-07 d'Agriculture et Agroalimentaire Canada relative à l'expérimentation au champ de végétaux à caractères nouveaux¹⁴⁷.

« La documentation concernant la demande d'approbation doit fournir des renseignements sur l'identité et les antécédents de la plante, y compris la présence de toxines connues, sur la nature du nouveau caractère qu'elle présente et sur la méthode de transformation utilisée. L'entreprise doit aussi fournir la description du fragment d'ADN (transgène) modifié, de même que son mode d'expression, les caractéristiques modifiées de la plante et les indicateurs de la stabilité du nouveau caractère. Quant à l'essai

144. *Plan stratégique du ministère et des organismes*, MAPAQ, Limites du champ d'intervention du ministère, p. 20.

145. *Ibid.*

146. *Document de travail sur l'adoption d'une loi unique, moderne et complète concernant l'innocuité et la qualité des aliments en Ontario*, ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et des Affaires rurales, gouvernement de l'Ontario.

147. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Agence canadienne d'inspection des aliments, *Directive de réglementation 2000-07 : Lignes directrices sur la dissémination dans l'environnement de végétaux à caractères nouveaux dans le cadre d'essais au champ en conditions confinées au Canada*, art. 3.

au champ envisagé, l'entreprise doit identifier toute espèce indigène connexe et présenter un plan de gestion décrivant : les méthodes qui seront utilisées pour assurer l'isolement reproductif, les régimes de pulvérisation, les méthodes de récolte, l'affectation ultérieure des sols, le plan d'urgence, les méthodes de surveillance des parcelles d'essai et le plan d'information public concernant la tenue de l'essai. La demande peut comporter des données relatives à des essais spécifiques pertinents réalisés par le demandeur dans des conditions de croissance confinées (p. ex., essais en laboratoire ou en serre) et des données provenant du dépouillement de la documentation scientifique. Ayant approuvé des essais (ils sont habituellement limités à une superficie d'un hectare par parcelle d'essai et à un maximum de cinq parcelles par province), l'ACIA a le pouvoir d'en faire l'inspection et d'examiner tous les registres et dossiers connexes¹⁴⁸. »

Par ailleurs, l'ACIA exige un permis pour l'importation au Canada de végétaux à caractères nouveaux, peu importe leur utilisation finale. Les végétaux exemptés sont ceux pour lesquels l'ACIA a établi, à la suite d'une évaluation, qu'ils ne présentaient aucun risque phytosanitaire.

Dissémination à des fins de production et de commercialisation

Après avoir été testée avec succès en milieu confiné, une nouvelle variété d'OGM doit faire l'objet d'une deuxième autorisation de l'ACIA, avant de pouvoir être cultivée en milieu ouvert¹⁴⁹. L'Agence évalue alors le potentiel de risque pour l'environnement que constitue le produit génétiquement modifié. Pour ce faire, une série de renseignements techniques permettant de fichier l'organisme génétiquement modifié et de prévoir les conséquences de sa dissémination sont exigés par l'Agence en vertu de la Directive 94-08¹⁵⁰.

En plus des informations relatives à l'expression phénotypique de l'organisme, c'est-à-dire les propriétés observables permettant sa caractérisation, l'agence gouvernementale analyse l'interaction possible de celui-ci avec d'autres organismes vivant dans l'environnement. On requiert des données sur le potentiel de la plante à :

- 1) devenir « nuisible » et envahir les habitats naturels environnants;
- 2) propager son matériel génétique chez des espèces sauvages avoisinantes (dissémination du pollen);
- 3) devenir nuisibles en produisant des substances toxiques ou allergènes;
- 4) causer un effet sur des espèces non visées, incluant les humains;
- 5) avoir un impact possible sur la biodiversité.

L'ACIA étudie les informations fournies par l'entreprise et prend une décision. Le document de décision qu'elle rend public explique sur quelle base elle a autorisé la dissémination d'une plante transgénique dans l'environnement. Mais il ne fait aucunement état du protocole expérimental sur lequel l'évaluation a été fondée, ni des résultats.

148. Rapport du groupe d'experts de la Société royale du Canada, p. 38-39.

149. Turcotte, *op. cit.*, p. 639.

150. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Agence canadienne d'inspection des aliments, *Critères d'évaluation du risque environnemental associé aux végétaux à caractères nouveaux*, Directive d'homologation 94-08, 16 décembre 1994.

Aliments nouveaux

Le ministère fédéral de la Santé, soit Santé Canada, est responsable de l'évaluation de l'innocuité des aliments destinés à la consommation humaine, y compris les aliments nouveaux dont font partie les OGM. Il s'occupe aussi d'autres produits issus de la biotechnologie, comme les cosmétiques, les instruments médicaux et les produits antiparasitaires. Santé Canada établit les normes et les politiques, d'un bout à l'autre du continuum de la production des aliments. Il effectue également une surveillance des intoxications alimentaires.

C'est Santé Canada qui accorde l'autorisation de mise en marché d'un produit transgénique à des fins alimentaires. Ce ministère tient sa compétence en matière de réglementation des OGM de la *Loi sur les aliments et les drogues* et du *Règlement sur les aliments nouveaux*, adopté en octobre 1999. Ce règlement énonce d'importants critères de base, comme la définition de nouveaux aliments et le délai de réponse que doit respecter le gouvernement; ainsi, ce règlement, les aliments nouveaux sont « des produits qui n'ont jamais été utilisés comme aliments, des aliments issus d'un procédé qui n'a jamais été utilisé pour les aliments, ou des aliments modifiés par manipulation génétique¹⁵¹ ».

Équivalence substantielle

Le *Règlement sur les aliments nouveaux* est complété par un document intitulé *Lignes directrices relatives à l'innocuité des aliments nouveaux*¹⁵², où il est précisé qu'un principe directeur en matière d'évaluation d'innocuité est basé sur « une comparaison des caractéristiques moléculaires et de la composition et des propriétés toxicologiques et nutritionnelles de l'organisme modifié à celles d'un organisme analogue existant » (principe d'équivalence substantielle). Les lignes directrices recommandent que soient fournies les données sur l'exposition de l'aliment, sa composition nutritionnelle, les facteurs antinutritionnels et la biodisponibilité des éléments nutritifs. S'il subsiste des interrogations après l'analyse, des études de toxicité peuvent être requises, sur l'aliment entier, sur les constituants alimentaires ou sur les composants particuliers en question.

« L'évaluation de l'innocuité de l'aliment nouveau comprend l'examen du procédé d'élaboration, des caractéristiques de l'aliment nouveau par rapport à celles de son équivalent traditionnel, de sa qualité nutritionnelle et du risque de présence d'une substance toxique ou d'un composant non nutritif, ainsi que du potentiel allergène des protéines ajoutées à l'aliment. L'appréciation de la sûreté de l'aliment nouveau nécessite, entre autres, une caractérisation complète du développement de la plante modifiée au niveau moléculaire et une caractérisation complète semblable de la composition de l'aliment dérivé¹⁵³. »

Le producteur souhaitant commercialiser un aliment nouveau doit donner au Ministère un préavis de mise en vente de 45 jours et lui fournir les informations requises, en conformité avec les exigences mentionnées au *Règlement sur les aliments et drogues* et aux *Lignes directrices relatives à l'évaluation de l'innocuité des aliments nouveaux* de Santé Canada.

151. Santé Canada, *Réglementation des aliments nouveaux, Programme des aliments*, (http://www.hc-sc.gc.ca/food-aliment/francais/sujets/aliment_nouveau/faq_1.html).

152. Santé Canada, Direction des Aliments, *Lignes directrices relatives à l'évaluation de l'innocuité des aliments nouveaux*, septembre 1994.

153. Thérèse Leroux, « A-T C-G : aliments transgéniques et contrôles gouvernementaux », dans *Développement récents en droit de l'environnement* (2000), Service de la formation permanente, Barreau du Québec, Montréal, Éd. Yvan Blais, 2000, p. 420.

Les décisions concernant l'approbation d'un aliment nouveau sont publiées par Santé Canada, mais les données sur lesquelles la décision est fondée ne sont pas divulguées. L'approbation, le cas échéant, peut faire mention de conditions particulières, par exemple si la présence d'allergènes potentiels nécessite un étiquetage particulier.

Comité consultatif
canadien de la
biotechnologie

Dans le cadre de la révision de sa Stratégie canadienne de biotechnologie, le gouvernement fédéral a mis en place, en 1998, le Comité consultatif canadien de la biotechnologie (CCCB), un groupe consultatif composé d'experts de diverses appartenances, dans des domaines tels que les sciences, les affaires, la nutrition, le droit, l'environnement, la philosophie, l'éthique et la défense de l'intérêt public. Ce comité offre un forum au débat public et étudie différentes questions sous les aspects scientifiques, sociaux, économiques, réglementaires, environnementaux et sanitaires. Le Comité a été créé dans le but d'aider le gouvernement du Canada à formuler ses politiques stratégiques sur toute une gamme de sujets liés à la biotechnologie. Il fait rapport au Comité de coordination ministérielle de la biotechnologie (CCMD), lequel est composé des ministres fédéraux de l'Industrie, de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire, de la Santé, de l'Environnement, des Pêches et Océans, des Ressources naturelles, ainsi que du Commerce international. Plusieurs des documents qu'il a produits portent sur les aliments issus de la biotechnologie.

Le CCCB élabore actuellement des recommandations pour le gouvernement fédéral sur la réglementation des aliments génétiquement modifiés. Un document de consultation a été publié en août 2001¹⁵⁴. Certains de ses commentaires rejoignent ceux qu'émettaient les experts réunis par la Société royale du Canada à propos du système canadien d'autorisation des OGM¹⁵⁵. Le CCCB recommande notamment que le gouvernement canadien améliore la structure, l'organisation et le fonctionnement du système réglementaire fédéral des aliments GM, que s'établisse une meilleure coordination des organismes responsables, et que soit clarifiée la question de l'indépendance de la fonction de réglementation par rapport à la fonction de promotion des technologies agricoles¹⁵⁶.

Dans les recommandations provisoires de son document de consultation, le CCCB réclame en outre l'instauration d'un système de surveillance des effets à long terme des aliments GM, une plus grande transparence dans le processus et une meilleure information du public.

4.5 Étiquetage et traçabilité

Des règles variables
d'un pays à l'autre

L'objectif principal de l'étiquetage alimentaire est de fournir des informations utiles aux acheteurs et aux consommateurs, sur la composition d'un produit ou la présence possible d'un ingrédient à risque, par exemple. Dans le cas des OGM, une trentaine de pays ont choisi de réglementer l'étiquetage concernant

154. *Améliorer la réglementation des aliments génétiquement modifiés et des autres aliments nouveaux au Canada*, Rapport provisoire adressé au Comité de coordination ministérielle de la biotechnologie, Ottawa, OCCC, août 2001.

155. « Le Comité estime qu'en général, le processus de prise de décision manque de transparence et, par le fait même, de crédibilité », Rapport du groupe d'experts de la Société royale du Canada, p. 39.

156. Ce dernier point s'applique particulièrement au cas de l'ACIA, qui relève du ministre de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire du Canada.

la présence d'aliments d'origines transgéniques, ou contenant des ingrédients de sources transgéniques. Les règles qui sont appliquées d'un pays à l'autre varient cependant beaucoup (voir tableau 20). L'étiquetage peut être volontaire, obligatoire ou obligatoire avec un certain seuil de tolérance. Il n'y a ni uniformité ni consensus quant à la gamme des produits assujettis par la réglementation au seuil de tolérance admis, lequel peut varier de 0 à 5 %. Ces variations réglementaires posent des problèmes. « Le défi auquel sont confrontés l'industrie, les gouvernements et les organismes de commerce internationaux est que les systèmes mis au point possèdent des seuils de tolérance différents, n'ont pas la même portée et sont mis en application à divers degrés et de façon irrégulière, ce qui nuit au commerce international¹⁵⁷ ».

À l'échelle mondiale, le principal forum de discussion sur l'étiquetage des produits GM est la Commission du Codex Alimentarius. Depuis plusieurs années, le comité du Codex sur l'étiquetage des denrées alimentaires préemballées est le lieu d'un débat entre les nations membres qui croient que l'étiquetage obligatoire devrait s'appliquer aux produits seulement et celles qui croient qu'il devrait aussi s'appliquer aux différences de procédés¹⁵⁸.

Étiquetage en Europe

En Europe, le règlement 258/97/CE établit depuis 1997 l'obligation de mentionner la présence d'OGM dans les aliments de base ou les aliments transformés, avec un seuil de tolérance de 1 %. Il a été décidé de choisir la présence d'ADN modifié dans l'aliment comme critère devant déclencher l'étiquetage. Le même règlement permet d'établir, sur la base du principe de l'équivalence substantielle, que l'huile comestible, produite à partir de maïs, de soya ou de colza GM, n'a pas à être étiquetée comme un produit GM. Un autre règlement impose l'obligation d'étiqueter les aliments contenant des additifs ou arômes génétiquement modifiés.

Les nouvelles mesures législatives concernant la réglementation des denrées alimentaires génétiquement modifiées et des aliments génétiquement modifiés pour animaux, adoptées en juillet 2001, modifieront les règles d'étiquetage à la fin de l'année 2002. L'appellation OGM englobera toutes les denrées alimentaires produites à partir d'organismes génétiquement modifiés, que le produit final contienne ou non de l'ADN ou des protéines dérivées d'OGM. L'étiquetage identifiera toutes les denrées alimentaires et tous les aliments pour animaux qui consistent en un organisme génétiquement modifié, qui en contiennent ou qui sont obtenus à partir d'un tel organisme.

Étiquetage aux États-Unis

Aux États-Unis, l'étiquetage des aliments de sources transgéniques est facultatif. Cette politique constitue une suite logique à la philosophie de la FDA qui veut que la transgénèse soit un procédé de fabrication dont les produits ne méritent pas un traitement différent des autres¹⁵⁹. Un étiquetage spécial est exigé si le produit diffère sensiblement de son pendant traditionnel, si ses nouvelles propriétés peuvent causer des réactions allergiques, ou encore si la valeur nutritive du produit a été modifiée. Dans plusieurs États américains, comme en

157. Peter W.B. Phillips et Heather McNeill, « Étude sur les politiques nationales d'étiquetage pour les aliments génétiquement modifiés », Comité consultatif canadien de la biotechnologie (CCCB), 13 septembre 2001, (www.cbac-cccb.ca), vers. orig. publiée dans *AgBioForum*, vol. 3, n° 4, 2001.

158. Rapport du groupe d'experts de la Société royale du Canada, p. 243.

159. Turcotte, *op. cit.*, p. 648.

Californie, au Maine et au Vermont, des projets de loi sur l'étiquetage obligatoire des aliments de sources transgéniques sont actuellement à l'étude. Ces projets de loi remettent en question l'unicité de la législation américaine sur cette question.

Tableau 20 :
Quelques exemples de réglementations nationales sur l'étiquetage des aliments GM¹⁶⁰

Pays	Étiquetage	Portée	Entrée en vigueur
Argentine	Volontaire	Étiquetage volontaire permis.	
Australie et Nouvelle-Zélande	Obligatoire	Teneur en éléments GM dans les aliments transformés, les fruits et les légumes; seuil de tolérance de 1 %.	Décembre 2001
Autriche		Préfère interdire les aliments GM plutôt que les étiqueter.	
Brésil	Obligatoire	Interdiction en vigueur; propose l'étiquetage pour les produits contenant plus de 4 % d'ingrédients GM.	Fin 2001
Canada	Volontaire	Normes volontaires en cours d'élaboration.	2001 ou plus tard
Chine	Obligatoire	Tous les aliments contenant des éléments GM.	23 mai 2001
Japon	Obligatoire	Règlements du ministère de l'Agriculture, des Forêts et des Pêches accordent une exemption aux additifs alimentaires, à la nourriture pour les animaux et à tout aliment dont la teneur en éléments GM est de moins de 5 %.	1 ^{er} avril 2001
États-Unis	Volontaire	Étiquetage volontaire permis.	En cours
France	Obligatoire	Veut étiqueter les additifs alimentaires et les agents de conservation.	
Mexique	Obligatoire	Le Sénat a adopté un projet de loi pour que les aliments GM soient étiquetés comme étant « transgéniques » ou « fabriqués à l'aide de produits transgéniques ».	?
Royaume-Uni	Obligatoire	Aliments vendus au Royaume-Uni dans les épiceries et les restaurants depuis le 1 ^{er} septembre 1998, si les ingrédients GM sont supérieurs à 1 %.	1 ^{er} mars 1999
Union européenne	Obligatoire	Directive 90/220/CEE sur l'étiquetage de tous les aliments et produits alimentaires contenant des organismes GM.	1990
	Obligatoire	Règlement 258/97/CE : seuil de tolérance de 1 %; étiquetage obligatoire des aliments; aucun règlement ne vise la rennine, les additifs alimentaires ou les aliments pour les animaux.	15 mai 1997
	Obligatoire	Règlement 1139/98 établissant des dispositions pour le soya et le maïs GM.	26 mai 1998
	Obligatoire	Directive 2001/18/CE modifie la Directive 90/220/CEE et le Règlement 258/97/CE, rend l'étiquetage obligatoire pour tout aliment GM.	octobre 2002

160. D'après P.W.B. Phillips et H. McNeill, *Étude des politiques nationales d'étiquetage des aliments génétiquement modifiés*, 13 septembre 2001, (www.cbac-cccb.ca/english/news).

Au Canada, Santé Canada et l'ACIA assument conjointement la responsabilité des politiques d'étiquetage des aliments. Les lois actuelles permettent l'étiquetage volontaire des aliments issus de la biotechnologie. L'étiquetage n'est obligatoire pour tous les aliments, y compris les aliments génétiquement modifiés, que dans certains cas particuliers, comme la présence d'une allergénicité possible ou d'une modification de la composition de l'aliment ou de sa valeur nutritionnelle. Dans de tels cas, l'étiquetage est requis pour alerter les consommateurs ou les groupes de personnes à risque.

COÛTS DE L'ÉTIQUETAGE

Quelques études économiques ont tenté d'évaluer les coûts reliés à l'étiquetage des OGM. Un document de la CEE¹⁶¹ présente les résultats de sept de ces études, publiées entre 1998 et 2000. La plupart n'ont cherché qu'à établir les coûts liés à la traçabilité et à la ségrégation des OGM, de la ferme jusqu'à l'étape du grossiste. Elles ne tiennent pas compte des coûts liés à la transformation des aliments dans le secteur manufacturier ni à la distribution des aliments dans le commerce de détail.

Les résultats de ces études sont assez convergents, les coûts de ségrégation et de préservation de l'identité variant de 6 % à 9 % du prix versé aux producteurs dans le cas du soya, de 6 % à 8 % du prix dans le cas du colza, de 16 % du prix pour le maïs, et de 7 % à 10 % pour l'huile de tournesol.

Ces estimés concordent en moyenne avec deux autres études postérieures, une réalisée par le USDA¹⁶² et l'autre par deux chercheurs de l'université de l'Illinois et un chercheur de l'INRA¹⁶³, sauf qu'ils sont inférieurs dans le cas du soya (11 %) et supérieurs dans le cas du maïs (12 %).

La seule étude qui a tenté d'estimer le coût de la ségrégation, de la préservation de l'identité et de l'étiquetage de la ferme jusqu'à l'assiette du consommateur est une étude canadienne réalisée par KPMG¹⁶⁴. Les auteurs y estiment entre 35 % et 41 % du prix des producteurs et entre 9 % à 10 % du prix des aliments au détail l'impact d'un étiquetage obligatoire des aliments OGM. En isolant le coût des étapes avant le traitement, soit les coûts à la ferme et dans le secteur de l'entreposage et de la manipulation des grains, on obtient un coût s'élevant à 24-25 % du prix aux producteurs, soit près du double des estimés des études présentées par la CEE, qui situent plutôt aux environs de 10 à 12 % les coûts liés à la ségrégation et à la préservation de l'identité.

Le gouvernement canadien met actuellement au point des normes d'étiquetage facultatives sur la présence d'OGM dans l'alimentation, en collaboration avec les groupes de défense des consommateurs et ceux de l'industrie¹⁶⁵. Le Conseil canadien de la distribution alimentaire (CCDA) et l'Office des normes générales du Canada (ONGC) travaillent à la formulation d'une norme canadienne sur l'étiquetage des aliments issus de la biotechnologie. Un document de travail a

161. CEE, *Economic Impacts of Genetically Modified Crops on the Agri-Food Sector*, Directorate-General for Agriculture, (<http://europa.eu.int/comm/agriculture/publi/gmo/fullrep/index.htm>).

162. William W. Lin et coll., « Biotechnology : U.S. Grain Handlers Look Ahead », *Agricultural Outlook*, USDA, avril 2000.

163. *The Economics of Non-GMO Segregation and Identity Preservation*, Davis S. Bullock, Marion Desquilbet et Elisavet I. Nitsi, 21 octobre, 2000. Disponible sur le site web de l'INRA.

164. GOLDER, Geoff et coll., *Economic Impact Study : Potential Costs of Mandatory Labelling of Food Products Derived from Biotechnology in Canada*, Phase I Project, KPMG Consulting, Ottawa, 1^{er} décembre 2000, 52 p.

165. *Loi sur l'emballage et l'étiquetage des produits de consommation*, Canada, Chapitre C-38, (<http://lois.justice.gc.ca/fr/C-38/texte.html>), *Règlement sur l'emballage et l'étiquetage des produits de consommation* (C.R.C. ch. 417), (<http://lois/justice/gc.ca/fr/C-38/C.R.C.-ch.417/index.html>).

été rendu public le 17 août 2001¹⁶⁶. La norme devrait être annoncée d'ici la fin de 2001.

De l'étiquetage à la traçabilité

La question de l'étiquetage soulève le problème du contrôle de la fiabilité de l'information contenue sur l'étiquette, tant pour l'entreprise qui commercialise le produit que pour les organismes d'inspection et de surveillance. Pour augmenter cette fiabilité, certains pays consolident leurs règles d'étiquetage par la mise en place d'un système de traçabilité.

Au sens de la norme ISO 9000-2000, la traçabilité est « l'aptitude à retrouver l'historique, la mise en œuvre ou l'emplacement de ce qui est examiné. Dans le cas d'un produit, elle peut être liée à l'origine des matériaux et composants, l'historique de réalisation, la distribution et l'emplacement du produit après livraison ». Au sens de la norme ISO 8402, la traçabilité est « l'aptitude à retrouver l'historique, l'utilisation ou la localisation d'une entité (par exemple, un végétal, un animal, une denrée alimentaire) au moyen d'identifications enregistrées¹⁶⁷ ».

Fonctions d'un système de traçabilité

Un système de traçabilité a pour objectif de faciliter l'établissement de l'identité, du passé et de la source d'un produit. Il sert d'outil pour la mise en œuvre de procédures de rappel de produits lorsqu'un effet indésirable est identifié, qu'il soit environnemental ou lié à la consommation, et qu'existent des possibilités de mélange de produits à destinations finales différentes. La traçabilité permet alors des retraits ciblés et précis. Elle facilite la surveillance des effets indésirables à long terme et aide au contrôle de l'étiquetage. Les systèmes de traçabilité qui sont mis en place dans différents pays s'appliquent à bien d'autres aliments que les OGM. Par exemple, au Québec, un système de traçabilité des viandes est actuellement en phase d'implantation.

Traçabilité et étiquetage se complètent mutuellement. Un système de traçabilité fournira certaines informations indispensables à la détermination du contenu de l'étiquetage. Ainsi, en vertu de la nouvelle réglementation de la Commission européenne, adoptée le 25 juillet 2001¹⁶⁸, la traçabilité des OGM est requise tout au long de la chaîne alimentaire, de la ferme à la table. Le système qui sera mis en place obligera les exploitants à transmettre et à conserver des informations sur la présence d'OGM à chaque étape vers la mise en marché. Pour sa part, l'industrie devra se doter de systèmes permettant de déterminer la provenance et la destination de tous les produits GM.

La traçabilité n'exige pas une ségrégation des cultures. Elle n'empêche pas les mélanges d'OGM différents ou encore entre OGM et produits classiques. Elle fournit en revanche une information qualitative sur la composition d'un produit donné. La traçabilité n'est pas un substitut aux « systèmes dédiés », c'est-à-dire des systèmes où toutes les fonctions, comme le stockage, la transformation et le transport, sont consacrées à un seul type de production. Les systèmes dédiés offrent des garanties raisonnables (mais non absolues) de « non-

166. *Projet de norme pour les allégations volontaires relatives aux aliments issus ou non de technologies génétiques*, juillet 2001, 12 p., (www.pwgsc.gc.ca).

167. Conseil national de l'alimentation, *Avis sur la traçabilité des denrées alimentaires*, France, 28 juin 2001, p. 7-8.

168. *Proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil concernant les denrées alimentaires et les aliments pour animaux génétiquement modifiés*, COM (2001) 425 final, 25 juillet 2001, 64 p.

contamination » d'un aliment classique, par des produits transgéniques, par exemple¹⁶⁹.

4.6 Le Québec

Loi sur les produits agricoles

Au Québec, le régime législatif et réglementaire canadien s'applique. En vertu de la *Loi sur les produits agricoles, les produits marins et les aliments* (L.R.Q. c. P-29), le gouvernement du Québec peut cependant, par règlement, édicter des règles concernant « la vente d'un produit ou la préparation, le conditionnement, la transformation, le transport, l'estampillage ou la détention d'un produit en vue de la vente (...) » (art. 40 a), un produit étant ici défini comme un « un produit agricole, un produit marin, un produit d'eau douce ou un aliment » (Art. 1 c).

Fichier de traçabilité

La *Loi sur les produits agricoles* contient des dispositions créant l'obligation pour les exploitants d'entreprises agroalimentaires visées par cette loi de mettre en place un système de traçabilité conforme aux exigences qui seront prescrites ultérieurement par la réglementation (art. 40 a.1, localisation). Le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ) et l'Union des producteurs agricoles (UPA) ont convenu de créer un organisme sans but lucratif pour gérer un fichier de traçabilité commun des animaux de production et des produits agricoles; le MAPAQ aura la responsabilité exclusive et indépendante de la banque sanitaire de traçabilité. Le système vise à améliorer la rapidité des interventions, par exemple lors de la détection d'un agent chimique ou pathogène dans une carcasse à l'abattoir, et pouvant avoir une incidence probable sur la santé humaine.

La Filière agro-alimentaire et l'étiquetage

De leur côté, les membres de la Filière agroalimentaire¹⁷⁰ se sont concertés pour adopter une orientation commune à l'égard de la question des OGM et ont pris position, en janvier 2000, en faveur de l'étiquetage des denrées génétiquement modifiées¹⁷¹. La Filière avait précédemment émis le vœu qu'il se fasse plus de consultations, plus de diffusion d'informations factuelles et plus d'échanges et de discussions au Québec à propos des OGM. Elle souhaitait que cela permette de mieux définir les paramètres devant encadrer un étiquetage éventuel des produits contenant des OGM au Québec, ainsi que les enjeux en cause pour tous les maillons de la chaîne alimentaire, des fournisseurs d'intrants agricoles jusqu'aux consommateurs¹⁷².

169. Conseil national de l'alimentation, *op. cit.*, p. 22.

170. La Filière agroalimentaire du Québec se compose de l'Union des producteurs agricoles, de la Coopérative fédérée du Québec, de l'Association des manufacturiers de produits alimentaires du Québec, du Conseil canadien de la distribution alimentaire, de l'Association des détaillants en alimentation et des Tables de concertation régionales.

171. « La Filière agroalimentaire du Québec se prononce en faveur de l'étiquetage », *Communiqué*, MAPAQ, 27 janvier 2000.

172. « La Filière agroalimentaire du Québec propose un débat public », *Communiqué*, MAPAQ, 10 décembre 1999.

Tableau 21 :
Essais en champs confinés d'OGM au Québec, 1995 à 2000, et pourcentage du total canadien

Essais en champs	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Nombre	4	18	18	14	2	10
Variétés	Pomme de terre	Pomme de terre	Pomme de terre, maïs, luzerne	Pomme de terre, maïs, luzerne	Colza, soya	Maïs, soya
% du total canadien	1	3	4	3	1	1

Source : Données fournies par le MAPAQ.

Les essais en champs confinés d'OGM qui se déroulent au Québec, avec l'approbation du Bureau de la biosécurité végétale de l'ACIA, sont relativement peu nombreux par rapport à ceux qui se font dans d'autres provinces, comme le montre le tableau 21.

Protection de l'environnement

Le ministère de l'Environnement du Québec a pour mission d'assurer la protection de l'environnement, dans une perspective de développement durable. Le gouvernement du Québec s'est doté en 1996 d'une stratégie et d'un plan d'action pour la mise en œuvre, sur son territoire, de la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique, qui sera mis à jour en 2002, sous la coordination du ministère de l'Environnement.

Accord du Québec au Protocole de Carthagène

En novembre 2000, le gouvernement du Québec a signifié son accord à la signature du Protocole de Carthagène sur la prévention des risques biotechnologiques, appuyant ainsi une recommandation du ministère de l'Environnement de doter le Québec d'une stratégie de mise en œuvre de ce protocole. Il devenait le premier gouvernement au Canada à donner son appui au protocole. La responsabilité de mise en œuvre implique plusieurs ministères et organismes gouvernementaux qui font partie d'un groupe de travail interministériel sur la biosécurité, sous la coordination du ministre de l'Environnement et du ministre des Relations internationales.

Le ministère de l'Environnement se préoccupe des problèmes environnementaux liés aux activités agricoles. Il a annoncé son intention d'élaborer une politique ministérielle environnementale en matière agricole¹⁷³.

Cadre de gestion

Cette préoccupation s'étend aux OGM, comme l'indique le plus récent Plan stratégique du Ministère.

« Par ailleurs, le Québec doit protéger sa biodiversité contre des effets possibles des manipulations génétiques. Aussi, le ministère de l'Environnement proposera au gouvernement, en concertation avec ses partenaires, un cadre de gestion québécois sur les risques biotechnologiques¹⁷⁴. »

Ce cadre de gestion est prévu pour la fin de 2002.

173. *Plans stratégiques du ministère et des organismes sous la responsabilité du ministre de l'Environnement*, Québec, 2001, p. 19.

174. *Ibid.*, p. 28.

4.7 Points saillants du chapitre 4

1. **La réglementation internationale en matière de production et de commercialisation des OGM n'est pas homogène.** Aux États-Unis et au Canada, le régime en vigueur s'appuie sur une approche considérant les OGM comme des variétés nouvelles des organismes traditionnels dont ils proviennent. Ils sont traités comme d'autres végétaux ou aliments nouveaux. L'Union européenne a plutôt tendance à considérer les OGM comme une filière alimentaire différente, nécessitant des dispositifs d'approbation qui lui soient propres.
2. Certains grands traités internationaux influencent les réglementations nationales. **Le principe de précaution, énoncé comme un des principes de la Déclaration de Rio en 1992, stipule qu'en cas de risque de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement.** Une application de ce principe se retrouve dans l'approche de précaution véhiculée dans le Protocole de Carthagène, adopté à Montréal en 2000, à propos des règles de commerce international des organismes vivants modifiés (dont les OGM).
3. **Plusieurs organismes internationaux ont proposé des lignes de conduite pour l'évaluation des aliments dérivés des biotechnologies.** Le plus important est le Codex Alimentarius, qui réunit 163 pays. Les normes, directives et recommandations du Codex ne sont pas obligatoires, mais servent de référence à travers le monde, notamment par l'Organisation mondiale du commerce. Le Codex développe actuellement un nouveau cadre d'évaluation des aliments produits à l'aide des biotechnologies.
4. De façon générale, **l'autorisation des OGM dans l'Union européenne, aux États-Unis et au Canada suit trois grandes étapes** : l'autorisation de cultures expérimentales en milieu confiné, l'autorisation pour dissémination en milieu ouvert et l'autorisation pour la mise en marché d'un aliment nouveau. Les modalités d'évaluation, les types d'organismes responsables et les règles d'homologation varient d'un pays à l'autre. En Europe, dans le contexte de la mise en place d'un nouveau régime qui doit entrer en vigueur en octobre 2002, un moratoire a été décrété en 1999 sur l'autorisation de tout OGM nouveau à des fins de dissémination et de mise en marché.
5. **Le régime en vigueur au Canada, comme celui des États-Unis, accorde une grande place au principe de l'équivalence substantielle,** un mécanisme opérationnel qui indique que si un aliment ou un composé alimentaire est essentiellement semblable à un aliment ou à un composé alimentaire existant, il peut être traité de la même manière en ce qui concerne la sécurité. Un groupe d'experts réunis par la Société royale du Canada a reproché aux organismes canadiens l'application qu'ils font du principe d'équivalence substantielle, laquelle aurait notamment pour conséquence de soustraire certains OGM à une évaluation plus complète. Le régime en vigueur au Canada s'applique à toutes les provinces.

6. **Une trentaine de pays ont choisi de réglementer l'étiquetage concernant la présence d'aliments d'origine transgénique, ou contenant des ingrédients de source transgénique.** Les règles varient cependant beaucoup d'un pays à l'autre, quant au caractère obligatoire ou volontaire de l'étiquetage, à la gamme des produits assujettis, aux seuils de tolérance, etc. En Europe, l'étiquetage est obligatoire, avec un seuil de tolérance de 1 %. Au Canada et aux États-Unis, l'étiquetage est facultatif, sauf si le produit présente un risque d'allergénicité ou en cas de modification de la composition de l'aliment ou de sa valeur nutritionnelle. Au Canada, une norme d'étiquetage volontaire est actuellement en développement. Au Québec, la Filière agroalimentaire s'est prononcée en faveur d'un système d'étiquetage pour les OGM.
7. **Pour contrôler la fiabilité de l'information contenue sur les étiquettes d'aliments GM, certains pays accompagnent leurs règles d'étiquetage d'un système de traçabilité.** Celui-ci facilite l'établissement de l'identité, du passé et de la source d'un produit. Les systèmes de traçabilité mis en place par différents pays s'appliquent à bien d'autres aliments que les OGM. Au Québec, par exemple, un système de traçabilité est actuellement en phase d'implantation.

Quelques considérations sociales et éthiques

5.1 Préambule

Ce chapitre porte sur les considérations sociales et éthiques que soulève le développement des végétaux génétiquement modifiés dans le monde. Il s'agit de deux ordres de questions différents, mais interreliés, qui revêtent une très grande importance pour l'identification des enjeux liés aux OGM.

Le sujet est extrêmement vaste. La première partie de ce chapitre effectue simplement, un survol des principaux sondages qui ont paru au cours des dernières années et qui analysaient les perceptions des populations québécoise, canadienne et étrangères à l'égard des OGM. La seconde partie soumet une première réflexion sur les principales questions éthiques reliées aux OGM.

5.2 Perceptions de la population

Un peu partout dans le monde, les sondages et études se sont accumulés ces dernières années pour tenter de cerner l'opinion des citoyens et son évolution à l'égard des aliments génétiquement modifiés. Le Conseil présente ici succinctement les résultats d'un certain nombre de ces sondages, portant principalement sur les populations québécoise et canadienne¹⁷⁵ de même que, marginalement, à l'étranger.

5.2.1 Au Québec et au Canada

Un document de travail de l'Observatoire de l'écopolitique internationale publié en juillet 2001¹⁷⁶ constate que « la société civile et les médias québécois sont de plus en plus appelés à réagir et à prendre position dans le dossier des biotechnologies mais qu'il est difficile de "dresser une image des préoccupations des Québécois" envers les organismes génétiquement modifiés (OGM) en général et le Protocole de Cartagena en particulier¹⁷⁷ ». Les auteurs du rapport

Difficile de dresser une image de la perception des OGM par les Québécois

175. **Sondages pancanadiens** : Decima Research pour le compte de Greenpeace Canada, août 2001 (*La Presse*, 21.09.01); sondage Ipsos-Reid/Globe and Mail/CTV, août 2001 (*Globe and Mail*, 30.08.01); Léger Marketing, juillet 2001 (*Le Devoir*, 23-07-01); Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels et Centre de recherche en économie agroalimentaire (INAF/CRÉA), Université Laval, mai 2001; Pollara and Earncliffe Research & Communications, pour le *Globe and Mail*, printemps 2001 (*La Presse*, 3-05-01); Association canadienne des aliments de santé, juillet 2000 (*Le Devoir*, 16.08.00); **Sondages québécois** : SOM Recherches et sondages, pour le compte du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec, juin 2001; Léger Marketing, pour le compte de *Québec Science* et *Protégez-vous*, février 2001 (*Québec Science*, mai 2001); sondage Omnibus de Léger-Léger, pour le compte de la Filière agroalimentaire du Québec, avril 2000; **Études** : Pollara Research et Earncliffe Research & Communications, pour le compte du Comité des sous-ministres adjoints pour la coordination de la biotechnologie, Gouvernement du Canada, juillet 2000 (sondages téléphoniques et groupes de réflexion).

176. Daniel Waltz (dir.), *Bloc 1 : Préoccupations des Québécois envers les OVM/OGM*, Rapport de l'Observatoire de l'écopolitique internationale, Institut des sciences de l'environnement, Université du Québec à Montréal, document de travail, juillet 2001.

177. *Ibid.*, p. 4; à noter que la recherche visait non seulement les préoccupations des Québécois concernant les OGM mais également leur connaissance du Protocole de Cartagena.

soulignent le manque d'instruments de mesure et la nouveauté du sujet pour les Québécois, qui fait en sorte que leurs perceptions évoluent très vite et s'inscrivent dans une problématique plus large. Ils ajoutent : « Alors que le Canada finance la collecte de données universitaires sur l'évolution des perceptions des Canadiens envers la biotechnologie depuis 1993, le Québec ne dispose que de trois sondages pour les années 2000 et 2001 », soulignant non seulement que « ces sondages ont un caractère normatif assez prononcé » mais également qu'ils sont difficilement comparables, car les questions visent des objectifs différents qui sont évidemment reliés à la mission et aux préoccupations du mandant.

Sondage MAPAQ
juin 2001

Tout en conservant cette mise en garde, les sondages disponibles procurent un éclairage pertinent quant aux perceptions générales de la population. Ainsi, un sondage effectué parmi la population québécoise pour le compte du MAPAQ¹⁷⁸, en juin 2001, permettait de prendre conscience des faits suivants relativement à la question des OGM :

- 33 % des personnes interrogées connaissent le sens du sigle OGM;
- sur six sujets d'inquiétude, les répondants manifestent les préoccupations suivantes : 56 % des personnes sondées se disent très préoccupées (note de 9 ou 10 sur une échelle de 1 à 10) par « les maladies du bétail comme la fièvre aphteuse ou la vache folle » et « la possibilité de contamination de l'eau par les fumiers ou lisiers des élevages intensifs », 39 % par « la façon dont les animaux de boucherie sont élevés, entassés dans les espaces clos », 35 % par « l'utilisation d'antibiotiques pour l'élevage des animaux de boucherie », 30 % par « les odeurs attribuables aux porcheries » et, au dernier rang, 23 % par « les OGM, notamment les plantes auxquelles on a ajouté de nouveaux gènes pour en améliorer les caractéristiques »;
- 61 % des personnes interrogées estiment que le MAPAQ devrait prioriser l'agriculture biologique de préférence à l'agriculture traditionnelle ou à l'agriculture intégrée (qui favorise une moins grande utilisation d'engrais et de pesticides).

Sondage
Québec-Science,
Protégez-vous,
mai 2001

Un autre sondage réalisé au Québec six mois auparavant¹⁷⁹ – juste avant que se déclenche la crise de la fièvre aphteuse en Europe – faisait par ailleurs ressortir que, parmi un choix de cinq possibilités, « les manipulations génétiques sur les animaux et les végétaux » représentaient, pour 25,4 % des personnes sondées, la principale source d'inquiétude en matière d'alimentation, presque à égalité (24,9 %) avec la « contamination de la viande par des bactéries »; venaient ensuite « la crise de la vache folle en Europe » (18,2 %), « l'utilisation de pesticides et d'engrais de synthèse en agriculture » (15,2 %) et, en dernier lieu, « l'utilisation d'hormones et d'antibiotiques dans la viande » (13,8 %). Parmi ceux qui se méfient le plus des OGM : les moins de 35 ans et les plus diplômés. Quant aux groupes ou personnes à qui les répondants au sondage font le plus confiance en matière d'alimentation, les associations de consommateurs se classent au premier rang avec 32,2 % des réponses, suivies par les profes-

178. « Sondage sur l'image de l'agroalimentaire au sein de la population du Québec », SOM recherches et sondages, juin 2001.

179. Québec Science – Protégez-vous – Léger Marketing, sondage mené en février 2001, cf. Québec Science, mai 2001, « Ce que veulent les Québécois ».

sionnels de la santé (22,8 %), des associations de producteurs (14,0 %), des scientifiques (11,2 %), des marchands et épiciers (7,8 %), des responsables gouvernementaux (6,4 %) et des médias (3,1 %).

Sondage Filière
agroalimentaire,
avril 2000

En avril 2000, un sondage réalisé pour le compte de la Filière agroalimentaire du Québec¹⁸⁰ offre le portrait suivant :

- 65,2 % des personnes sondées se disent préoccupées par les aliments génétiquement modifiés;
- 67,7 % des répondants se disent mal informés et 73,5 % souhaiteraient davantage d'information sur les risques associés à l'utilisation des OGM dans les produits de consommation;
- 38,5 % souhaitent que cette information provienne des scientifiques et 24,9 % du gouvernement; viennent ensuite, par ordre décroissant, les producteurs agricoles (13,0 %), les manufacturiers de produits contenant des OGM (8,8 %), les chaînes d'alimentation (8,1 %) et les distributeurs de produits contenant des OGM (4,3 %);
- 96,0 % sont favorables à une réglementation qui exigerait que les produits alimentaires finis contenant des OGM soient étiquetés en conséquence et 60,4 % disent lire les étiquettes;
- 78,1 % accepteraient l'utilisation des OGM à des fins médicales (ex. : production de protéines d'intérêt médical, comme l'insuline ou un facteur de coagulation); 68,5 % s'ils avaient été produits de façon plus écologique (ex. : moins de pesticides dans le cas d'un OGM résistant à un insecte) et 59,1 % s'ils avaient une meilleure valeur nutritive (ex. : plus d'acides gras insaturés, plus de vitamine A).

Sondage
Greenpeace
Canada, août 2001

À l'échelle canadienne, un sondage réalisé pour le compte de Greenpeace Canada¹⁸¹ en août 2001, présente les résultats suivants :

- 86 % des Canadiens (90 % des Québécois) estiment que l'approche obligatoire est meilleure que l'approche volontaire concernant l'étiquetage des OGM;
- 73 % des répondants (75,8 % au Québec) se disaient très en faveur du projet de loi alors à l'étude sur l'étiquetage obligatoire des aliments contenant des OGM;
- 95 % des répondants (97 % au Québec) croient qu'ils ont le droit de savoir si leurs aliments ont été génétiquement modifiés.

180. Sondage réalisé par Léger-Léger, en avril 2000, « Points saillants du sondage sur les organismes génétiquement modifiés (OGM) ».

181. Sondage réalisé par Decima Research, en août 2001, cf. Judith Lachapelle, « La très grande majorité des Canadiens réclame l'étiquetage obligatoire des OGM », *La Presse*, 21 septembre 2001.

En mai 2001, un sondage pancanadien était conçu par l'Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels (INAF) et le Centre de recherche en économie agroalimentaire (CRÉA) de l'Université Laval¹⁸² sur les méthodes de production et les propriétés fonctionnelles des aliments. Relativement à la problématique des aliments génétiquement modifiés (AGM), les éléments suivants sont retenus :

- 33,1 % des répondants lisent toujours l'étiquette avant d'acheter un nouveau produit, 21,8 % souvent, 32,9 % quelquefois, 12,2 % jamais;
- 48,4 % des répondants connaissent « très peu » de choses sur les aliments génétiquement modifiés, 33,7 % « un peu », 14,1 % « pas mal » et 3,8 % « beaucoup »;
- parmi un choix de quatre réponses sur la sécurité alimentaire, 38 % des répondants sont préoccupés par les bactéries présentes dans la nourriture, 32,5 % par les résidus de pesticides, 16,4 % par les résidus d'antibiotiques ou d'hormones, 13,1 % par les AGM;
- concernant le niveau de la confiance envers le gouvernement pour dire aux consommateurs la vérité sur la sécurité des aliments qu'ils consomment : 7,9 % se disent très confiants, 36,2 % un peu, 35,1 % pas beaucoup, 20,8 % pas du tout;
- la même question au sujet des groupes de consommateurs et groupes environnementaux : 11,7 % se disent très confiants, 51,3 % un peu, 27,4 % pas beaucoup, 9,6 % pas du tout;
- la même question au sujet des manufacturiers de produits alimentaires : 5,1 % se disent très confiants, 33,6 % un peu, 42 % pas beaucoup, 19,3 % pas du tout;
- 87,3 % des répondants se disent très intéressés, comme consommateurs, aux conséquences environnementales des produits qu'ils achètent;
- 50,2 % des répondants ne croient pas que les AGM vont être avantageux pour beaucoup de monde;
- 69,6 % des répondants sont d'accord pour dire que les AGM, même s'ils procurent des avantages, sont fondamentalement contre nature;
- 51,5 % des répondants sont d'accord pour dire que les risques associés aux AGM ont été exagérés;
- 47,3 % des répondants sont prêts à acheter n'importe quel aliment génétiquement modifié, 10,8 % seulement si ces aliments ont des propriétés fonctionnelles et 41,9 % ne veulent pas en acheter.

182. Sondage réalisé par SOM auprès de 1008 répondants. Les données sont tirées des résultats du questionnaire : *Production Method and the Functional Properties of Foods : Descriptive Results from a Canadian Household Survey*, par Gale E. West, Carole Gendron, Bruno Larue et Rémy Lambert du CRÉA.

En février 2000, un sondage pancanadien (téléphone et groupes de réflexion), réalisé pour le compte du Comité des sous-ministres adjoints pour la coordination de la biotechnologie¹⁸³, présente d'autres types de résultats qui aident à enrichir le portrait des préoccupations des consommateurs en matière de biotechnologies. Dans une comparaison effectuée avec des résultats obtenus six mois auparavant lors d'un sondage semblable, les faits suivants retiennent l'attention :

- le nombre de Canadiens croyant que la biotechnologie promet des avantages importants ou modestes pour la santé a baissé de 13 points de pourcentage et une diminution presque identique (12 points) a marqué celui des personnes qui entrevoient des avantages pour la qualité des aliments¹⁸⁴;
- les enjeux principaux restent la santé, l'environnement, l'éthique en biotechnologie et l'information des Canadiens;
- l'argument le plus fort en faveur de la biotechnologie concerne les avantages pour la santé (pour 36 % des personnes sondées) et, au deuxième rang, la possibilité de régler le problème de la faim dans le monde (29 %); 44 % des personnes interrogées considèrent les risques à long terme de la biotechnologie comme l'argument négatif de loin le plus fort;
- des pourcentages supérieurs à ceux obtenus six mois plus tôt ont touché les énoncés suivants : « il faudrait des recherches plus poussées sur les effets à long terme pour la santé et l'environnement avant de permettre une utilisation plus étendue de la biotechnologie » (87 % comparativement à 83 %); « ralentir le recours à la biotechnologie jusqu'à ce que nous la connaissions mieux » (72 % comparativement à 67 %).

D'après les responsables du sondage, celui-ci révèle qu'« un nombre impressionnant de gens voulaient que le gouvernement les renseigne et les laisse ensuite décider eux-mêmes s'ils voulaient ou non utiliser les produits de la biotechnologie ».

Les auteurs du *Rapport de l'Observatoire de l'écopolitique internationale*, font les constats suivants à la lumière des différents sondages pancanadiens et québécois qu'ils ont analysés :

« [...] nous notons une évolution importante des perceptions et des comportements des Canadiens sur les biotechnologies en général. Faiblement informés et *a priori* favorables aux biotechnologies jusqu'en 1997-1998, les Canadiens sont devenus en 2000 assez bien informés, ou tout au moins capables de formuler une réponse aux questions, et relativement craintifs.

183. Sondage réalisé par les sociétés Pollara Research et Earncliffe Research and Communications, mené en janvier et au début de février 2000, cf. « Sondage d'opinion publique sur les questions de biotechnologie. Deuxième vague », résumé, juillet 2000, (<http://biotech.gc.ca/docs/frn-doc/2Wavexec-f.html>).

184. Les pourcentages n'étant pas fournis, il est impossible de quantifier l'importance que les personnes sondées accordaient à cette question lors des deux sondages.

L'année charnière semble être 1999 et nous ne pouvons ignorer l'impact sur les citoyens du débat public alors en vigueur en Europe. Encore aujourd'hui, les débats publics pancanadiens en général, et québécois en particulier, sont fortement influencés par la scène européenne.

La comparaison entre les sondages effectués à l'échelle du Canada et du Québec dégage l'impression qu'en 2000, les Québécois ont la perception qu'avaient les Canadiens en 1997 quant au degré d'information à l'égard des OGM mais aussi par rapport à leur crainte de consommer des aliments génétiquement modifiés.

Les Canadiens sont de plus en plus circonspects à l'égard des aliments génétiquement modifiés (AGM), font de moins en moins confiance au gouvernement fédéral tant comme source d'information que dans sa capacité à garantir une filière alimentaire saine¹⁸⁵. »

5.2.2 À l'étranger

Eurobaromètre,
1997, 2000

À l'échelle européenne, les résultats de l'Eurobaromètre 2000¹⁸⁶ sur « l'évolution des attitudes des Européens à l'égard des organismes génétiquement modifiés » font ressortir que, par rapport à l'année 1997, « l'augmentation de la méfiance à l'égard des biotechnologies est à peu près équivalente, quelles que soient les applications considérées (alimentaire, médecine, etc.) et quel que soit l'aspect envisagé (utilité, risque, acceptabilité morale) ». Certains éléments du sondage concernent les OGM et non les biotechnologies en général. Des questions visent à connaître les perceptions des personnes sondées quant à « l'utilité » d'une technologie, le « risque » perçu, « l'acceptabilité morale » de cette technologie et la nécessité d'« encourager ou non une telle application ». Les résultats obtenus sont consignés au tableau 22.

Sondages
américains

Les sondeurs américains¹⁸⁷ constatent depuis 1993 une légère augmentation des connaissances de la population au sujet des OGM : 57 % avaient quelques bribes d'information sur les OGM en 2000, alors qu'entre 1993 et 2000 plus de la moitié des répondants ne connaissaient à peu près rien du sujet. Ils notent également qu'au fil du temps et des sondages, les répondants ont tendance à percevoir plus de risques dans la biotechnologie agricole, ou à tout le moins font preuve d'opinions plus mitigées. Par ailleurs, sur une période de trois ans (entre 1997 et 2000), le pourcentage de répondants qui prédisaient que la biotechnologie serait bénéfique pour eux et pour leur famille est passé de 78 à 59 %. En matière d'information, 75 % souhaitent être informés par plus qu'un simple étiquetage en janvier 2001, comparativement à 81 % en octobre 1999; en juin 2000, 86 % des répondants considéraient l'étiquetage nécessaire.

185. Waltz, *op. cit.*, p. 8. Concernant le dernier paragraphe de la citation, les auteurs se réfèrent à Einsiedel Edna, Karen Finlay et Jennifer Arko, *Répondre aux besoins d'information du public en matière de biotechnologie*, 2000, p. 7.

186. Daniel Boy : *Biotechnologies et OGM en Europe : les résultats de l'Eurobaromètre 2000*, (www.cnrs.fr/cw/fr/pres/compress/ogm/ogmevolution.htm).

187. James Shanahan, Detram Scheufele, Bunjung Lee, « The Polls-trends. Attitudes about Agricultural Biotechnology and Genetically Modified Organisms », *Public Opinion Quarterly*, 65, 2, 2001. Cet article reprend et commente les résultats de différents sondages américains sur le sujet.

Tableau 22 :
Résultats de l'Eurobaromètre 1997 et de l'Eurobaromètre 2000,
sur des questions portant sur la modification génétique d'organismes,
pourcentage du nombre de répondants en accord avec les citations

	Utilité		Risque		Acceptabilité morale		Encourager cette application	
	1997	2000	1997	2000	1997	2000	1997	2000
« Utiliser la biotechnologie moderne dans la production de nourritures, par exemple pour augmenter leur teneur en protéines, qu'elles se conservent plus longtemps ou pour en changer le goût »	54	43	61	59	50	38	44	31
« Prendre les gènes de certaines plantes et les transférer à des plants de culture pour les rendre plus résistants aux insectes nuisibles »	69	55	48	49	62	47	58	42
« Introduire des gènes humains dans des bactéries pour produire des médicaments ou des vaccins comme par exemple de l'insuline pour les diabétiques »	80	68	47	44	70	57	71	58

Source : *Biotechnologies et OGM en Europe : les résultats de l'Eurobaromètre 2000*.

Consultation de
l'OCDE

Enfin, à la suite d'une consultation réalisée en novembre 1999, auprès d'organismes non gouvernementaux¹⁸⁸, l'OCDE formule de nombreux constats, dont les suivants :

- ce qui importe aux consommateurs, plus que d'être pour ou contre les OGM, c'est d'être suffisamment informés pour avoir le « droit de choisir » ce qu'ils mangent;
- les consommateurs sont préoccupés par la commercialisation grandissante des aliments génétiquement modifiés;
- la science ne peut à elle seule déterminer les risques relatifs aux biotechnologies en matière d'alimentation, ni appuyer la prise de décision; elle peut se prononcer en termes de probabilités, mais n'offre pas de certitudes. Les valeurs sociales et individuelles entrent également en ligne de compte dans les choix à faire en matière d'OGM;
- les inquiétudes sont manifestes à l'égard du glissement de la recherche publique vers la recherche privée et de la privatisation croissante de la

188. Donald Johnston, *OECD consultation with non-governmental organisations on biotechnology and other aspects of food safety*, Summary, OCDE, 1999.

recherche publique; il se fait relativement peu de recherches sur les impacts sanitaires et environnementaux de l'introduction d'OGM dans la chaîne alimentaire;

- toutes les parties prenantes veulent être consultées dans le processus de régulation des OGM, de la planification à l'implantation; pour obtenir la confiance du public, ce processus doit être rigoureux, objectif, crédible, transparent et imputable.

5.2.3 En résumé

Compte tenu de la diversité des objectifs visés par les divers sondages et des nuances qu'il convient d'apporter à certaines questions qui pourraient paraître semblables à première vue (notamment au regard des choix de réponses proposés), il est possible de tirer quelques constats :

- 1) De façon générale, il ressort que les OGM n'ont pas vraiment la faveur de la population et qu'une minorité des personnes interrogées se disent familières avec le sujet, indiquant leur besoin d'information sur les OGM.
- 2) Le gouvernement ne semble pas être la ressource privilégiée à cet égard et on ne s'entend pas vraiment sur l'instance ou le groupe le mieux à même de répondre avec justesse au besoin d'information.
- 3) Une majorité importante de consommateurs veut un étiquetage adéquat, car elle veut pouvoir choisir le type d'aliment (GM ou non GM) qu'elle consomme.
- 4) Les risques à long terme pour la santé apparaissent comme un élément majeur de rejet, mais auraient moins d'importance si les OGM devaient être utilisés à des fins médicales, pour le traitement ou la prévention de certaines maladies par exemple (comme ce pourrait être le cas pour les OGM de deuxième génération) ou s'ils étaient plus écologiques.
- 5) Pour une part importante de la population, l'acceptabilité morale des processus utilisés n'est pas acquise.

5.3 Considérations éthiques

Un sujet absent des chapitres antérieurs

Les chapitres qui précèdent avaient pour but de brosser un portrait des connaissances disponibles quant aux impacts éventuels des OGM, à partir surtout de la contribution des sciences de la nature et de la science économique. Les dimensions relevant de l'éthique (plus précisément de la socio-éthique puisqu'une distinction claire est difficile à établir entre ce qui relève du social et ce qui relève de l'éthique¹⁸⁹) ont été volontairement écartées, afin de respecter rigoureusement le mandat confié au Conseil.

189. Nuffield Council on Bioethics, *Genetically Modified Crops : the Ethical and Social Issues*, Londres, 1999, p. 6.

Angle d'analyse
indispensable

Or, l'éthique offre un angle d'analyse indispensable à la compréhension des enjeux propres aux végétaux génétiquement modifiés. Axel Khan¹⁹⁰, généticien et spécialiste des biotechnologies, considère que « s'il est un domaine où l'évolution des techniques modernes, témoin à la fois du progrès scientifique et de la mondialisation de l'économie, est directement confrontée, je devrais dire affrontée, à tout un système de valeurs touchant à la tradition et à l'environnement, auxquelles nous sommes attachés, c'est bien celui de l'agriculture et de l'alimentation ».

Objectif de cette
section

L'aperçu qui suit demeure néanmoins sommaire : il vise simplement à esquisser les contours d'une préoccupation d'ordre éthique sur le sujet. Une nouvelle Commission de l'éthique de la science et de la technologie, créée en septembre dernier (conformément au mandat confié au Conseil de la science et de la technologie par le ministre délégué à la Recherche, à la Science et à la Technologie), a retenu les OGM à des fins alimentaires comme premier sujet d'avis, lors d'une réunion tenue en octobre dernier. Ses travaux devraient débuter en janvier 2002 et sa tâche consistera justement à exposer les enjeux éthiques pertinents, leur sens et leur portée pour le Québec. Le Conseil ne souhaite donc en aucune manière se substituer à la Commission et ne vise dans le présent contexte qu'à circonscrire le sujet, sans entrer dans le débat.

5.3.1 Le concept d'éthique

Définition

Le mot éthique sera considéré dans les pages qui suivent au sens courant de discours rationnel sur les conduites humaines. Alors que la morale se situe plutôt dans le domaine de la prescription, des règles et des normes, en référence souvent à des convictions religieuses, l'éthique cherche à se situer au-delà des convictions de chacun¹⁹¹ et à tenir compte des conditions concrètes dans lesquelles se déroule l'action ainsi que de ses conséquences possibles.

5.3.2 Principales questions d'ordre éthique

Les principales considérations d'ordre éthique rapportées dans la littérature sont regroupées sous les six thèmes suivants : la R-D, l'environnement et la santé humaine, le champ économique, les choix individuels et collectifs, le champ du politique et, finalement, le champ philosophique et moral.

5.3.2.1 La R-D sur les OGM d'origine végétale

Dans le champ de la recherche et du développement des plantes GM, plusieurs questions sont soulevées sous un angle éthique, mais visent davantage l'ensemble des OGM.

Trois fondements
techniques

Ainsi, trois fondements techniques de la manipulation d'organismes vivants posent un questionnement d'ordre éthique. Ce sont :

- « la possibilité de s'affranchir totalement des barrières d'espèces, alors que l'amélioration génétique classique ne puisait ses gènes que dans l'ensemble étroit de quelques espèces interfertiles avec l'espèce améliorée;

190. Axel Khan, *Et l'Homme dans tout ça?*, Plaidoyer pour un humanisme moderne, Paris, Nil éditions, 2000, p. 150.

191. Jean-François Malherbes, *Le nomade polyglotte*, Montréal, Bellarmin, 2000.

L'ÉTHIQUE ET LES BIOTECHNOLOGIES

Selon Kemp, l'éthique « est une vision de l'homme, une vision de la vraie vie, comme l'a dit Aristote, une vision de la manière dont nous devrions vivre. [...] Elle est aussi bien une réalité qu'un idéal. Une vision de ce type nous aide à préciser tel problème technologique comptant des aspects humains, mais elle ne peut nous dicter une solution; elle intègre en revanche le fait qu'il peut y avoir des situations nouvelles dans lesquelles les solutions toutes faites se révèlent insuffisantes. [...] L'éthique nous ouvre à ce qui est extraordinaire et unique, et peut donc nous prêter secours dans des situations nouvelles et imprévisibles ».

Pour Paul B. Thompson, « Les problèmes de base de l'éthique technologique peuvent se définir comme étant la difficulté de prévoir et de gérer les conséquences non intentionnelles du changement technologique. Quand on ajoute à cela les conséquences subies par les générations futures, la société dans son entier, les créatures animales autres qu'humaines ou même des entités naturelles telles que les écosystèmes, les problèmes philosophiques et méthodologiques liés à la détermination de la valeur des résultats prévus deviennent à la fois complexes et épineux ».

« Une question prend une valeur éthique parce que des différences profondes et systématiques concernant les valeurs et les interprétations ouvrent la possibilité d'une incompatibilité des actions qui s'imposent. Il ne faudrait surtout pas mettre sur le même pied une réaction à un problème d'éthique et une réaction à une préoccupation du public. »

« Mais l'éthique n'établit pas en elle-même de règles » précise Noëlle Lenoir, présidente du Groupe Européen d'Éthique des Sciences et des Nouvelles Technologies. « Elle est davantage une démarche destinée, au cas par cas, à assurer la conciliation de valeurs en conflit; le but essentiel étant, dans toutes les situations, de préserver la liberté et la dignité de l'homme. »

Sources : Peter Kemp, *L'irremplaçable*, 1997, p. 34, 35; Paul B. Thompson, *Intégration de facteurs d'éthique à la biotechnologie alimentaire et agricole*, octobre 2000, p. 14, 15, 38; Noëlle Lenoir, *Rapport général des activités du GEE – 1998-2000*, p. 12.

- la possibilité de ne plus recourir à la reproduction sexuée comme méthode de mise en présence, via les gamètes mâle et femelle, de génomes d'origine différente;
- l'insertion en un point aléatoire du génome, alors que les méthodes classiques n'insèrent en principe les gènes que dans des sites présentant une homologie structurale avec les séquences introduites¹⁹². »

Ces fondements concernent le phénomène de la transgénèse dans sa globalité, pour tous les organismes vivants y compris les végétaux.

Financement et commercialisation de la recherche universitaire

Le financement de la recherche universitaire et la commercialisation des résultats qui en découlent font aussi partie de la problématique. Cependant, lorsqu'ils concernent l'indépendance des chercheurs universitaires envers leurs commanditaires, la privatisation d'un bien public (les résultats de la recherche proprement dits), la concentration des objets de recherche sur des sujets potentiellement rentables au détriment de sujets d'intérêt public, le questionnement n'est pas spécifique aux OGM et touche l'ensemble de la recherche universitaire au tournant du 21^e siècle.

192. Commissariat du plan, *op. cit.*, p. 43-44.

Le National Research Council¹⁹³ distingue les concepts de risque et de danger. Il appelle danger (*hazard*) ce qui cause des dommages ou porte préjudice, et il appelle risque le danger quantifié selon une estimation de probabilité.

Le risque peut être associé à la peur du danger ou de l'inconnu, à la chose à éviter, à l'épreuve ou à la bravoure, à un problème à résoudre... mais il renvoie ultimement aux concepts de liberté et de responsabilité. Il exige de prévoir et de décider.

Dans un ouvrage consacré expressément au sujet¹⁹⁴, André Beauchamp identifie quatre champs dans la gestion du risque : l'évaluation, la perception, la communication et la gestion proprement dite.

L'évaluation du risque désigne principalement des méthodes et des disciplines pour définir le risque, le mesurer et, finalement, l'évaluer. Elle ressortit principalement à la science (voir l'encadré consacré à la toxicité au chapitre 2).

Le second champ propre à la gestion du risque porte sur sa **perception**. La Commission du BAPE¹⁹⁵ retient 16 facteurs qui influencent la perception du risque, dont : la familiarisation, la compréhension, l'incertitude scientifique, le contrôle (personnel), le potentiel de catastrophe, la réversibilité, l'équité, la confiance dans les institutions, la couverture médiatique. La perception du risque « ressortit davantage à la psychologie sociale et cherche à décrire la façon dont les humains perçoivent et définissent le risque en fonction de leur propre situation » (p. 40).

La **communication sur le risque** « soulève la question de notre façon de parler du risque, selon par exemple que l'on est promoteur, communicateur, journaliste ou militant » (p. 40).

La **gestion du risque** proprement dite « concerne directement le preneur de décision (entrepreneur, gestionnaire privé ou public) qui doit, dans une situation toujours caractérisée par l'incertitude, porter l'angoisse et la responsabilité d'une décision dans un domaine où il y a des risques réels ou appréhendés pour la santé (p. 40) et pour l'écosystème ». La décision consistera en un jugement global qui devra trancher sur l'acceptabilité du risque et « sera possiblement celle qui associera le plus grand nombre d'arguments et considérants d'ordres différents, selon une pondération ou une comparaison des avantages et des inconvénients, des valeurs et des principes, pour une décision unique, finale, qu'on qualifiera de bonne, de sage ou de prudente » (p. 75). Les principaux processus formels de prise de décision recensés par l'auteur sont : le jugement professionnel, qui s'articule autour d'une application rigoureuse des connaissances et des techniques établies « qui trahit une préférence pour les opinions et les valeurs implicites du milieu représenté » (p. 80); la comparaison adaptative, à savoir « une comparaison des nouveaux risques avec des risques antérieurs (ou autres) qui servent d'étalon au jugement » (p. 80); l'analyse formelle qui se développe en quatre étapes : « l'identification de toutes les solutions possibles, la description des conséquences de chaque hypothèse identifiée, l'évaluation commune des conséquences de chaque option (par la méthode coûts/bénéfices ou l'analyse de décision) et, finalement, l'intégration des éléments d'analyse dans une mesure numérique commune pour déterminer une option préférentielle » (p. 83).

Malgré cette typologie, évaluation et gestion « sont deux réalités interreliées : il y a de la gestion dans l'évaluation; il y a de l'évaluation dans la gestion. Et, surtout, l'une et l'autre font référence à des valeurs » (p. 40).

193. National Research Council, *Improving Risk Communication*, National Academy Press, Washington, 1989, p. 32.

194. André Beauchamp, *Gérer le risque, vaincre la peur*, Montréal, Bellarmin, 1996.

195. Bureau d'audiences publiques sur l'environnement, *Projet de la Régie intermunicipale de gestion des déchets sur l'île de Montréal*, Rapport d'enquêtes et d'audiences publiques, Québec, 1993.

Un dernier point porte sur l'apport des connaissances scientifiques à la résolution de la controverse publique. Il s'agit de savoir si cette dernière ne persiste qu'en l'absence d'une information complète et objective. La réflexion éthique contribuera à fouiller au moins deux aspects distincts, à savoir l'objectivité théorique et concrète de l'observation scientifique et de l'observateur d'une part, et la réduction à un problème cognitif des oppositions qui surgissent entre individus et collectivités, d'autre part.

5.3.2.2 L'environnement et la santé humaine

La question des impacts possibles du développement des plantes génétiquement modifiées sur l'environnement et sur la santé a été examinée sous l'angle scientifique au chapitre 2. Mais, dans la mesure où un risque nul n'est pas dans l'aire des possibles scientifiques, même les savoirs les plus extensifs ne fourniraient qu'un futur annoncé mais encore incertain. En effet, bien que la probabilité qu'un danger survienne puisse être quantifiée avec précision, cette probabilité d'avènement ne serait pas nulle pour autant. Intervient ici la question de la gestion du risque et surgissent des questions nouvelles devant lesquelles la science reste limitée : elles ont trait par exemple au niveau de risque jugé acceptable par une population donnée, au partage des inconvénients et des bénéfices probables entre divers groupes au sein de cette population, dans l'immédiat mais aussi en prévision des générations à venir. Le problème devient encore plus épineux lorsque la probabilité d'avènement n'est pas connue. Les méthodes d'évaluation du risque offrent des repères mais non des solutions. Le principe de précaution déjà évoqué apparaît pertinent dans le cadre d'une réflexion de cette nature.

5.3.2.3 Le champ économique

Des questions d'ordre éthique apparaissent lorsqu'il s'agit d'aborder la production actuelle d'OGM sous l'angle du développement économique. Ainsi en est-il de la concentration observée de la commercialisation des semences entre quelques grandes entreprises internationales; ce phénomène est accentué par la détention de brevets — ces derniers empêchant l'utilisation d'une partie de la récolte aux fins d'ensemencement ultérieur — et par la vente de semences manipulées de manière à devenir stériles. Des questions pertinentes émergent aussi quant à l'allocation des ressources (capital, main-d'œuvre, terres agricoles) entre leurs différentes utilisations possibles et quant à la répartition des bénéfices entre producteurs et consommateurs, présents et futurs. Le concept d'équité, central dans ce genre d'exercice, devra correspondre à une définition opérationnelle¹⁹⁶.

La théorie économique générale et celle du bien-être en particulier seront à ce chapitre d'une utilité certaine mais restreinte. Les OGM deviennent en effet l'occasion de poser des questions fondamentales quant aux vertus de la libre concurrence ou au rôle des gouvernements dans l'encadrement des marchés. Ces questions sont exacerbées par la mondialisation des marchés et l'internationalisation des compagnies œuvrant en génie génétique. Des réponses sont attendues à l'échelle locale mais aussi sur le plan international, notamment pour les pays en voie de développement.

196. FAO, *Les organismes génétiquement modifiés : les consommateurs, la sécurité des aliments et l'environnement*, Collection FAO, Questions d'éthique n° 2, Rome 2001, p. 8.

5.3.2.4 Choix individuels et choix collectifs

Droit à l'information
et au libre choix,
intérêt public

Plusieurs questions émergent relativement au droit à l'information et au libre choix. Elles se rattachent notamment au principe du consentement éclairé énoncé en bioéthique et met alors l'accent sur la primauté du choix individuel : le droit de savoir a alors comme corollaire le devoir d'informer, à partir de principes, de modalités, de conditions à déterminer. Par ailleurs, dans la mesure où la production d'OGM engendre des externalités environnementales positives ou négatives (réduction de la pollution par les insecticides, incapacité d'empêcher les flux de gènes par exemple, etc.), la décision politique doit prendre également en considération les questions d'intérêt public. Ces dernières pourront ou non entrer en conflit avec celles d'intérêt privé : par exemple, un moratoire sur la commercialisation des OGM fait primer une décision relevant de l'intérêt collectif et contrevient à la liberté de choix individuelle.

5.3.2.5 Le champ du politique

Nous n'invoquerons sous cet en-tête que deux sujets possibles.

Choix d'ordre
politique

D'une part, la gestion du risque exige une démarche qui s'appuie sur des repères scientifiques certes, mais ces derniers laissent ouverts des choix publics quant aux modèles qui seront privilégiés, au processus de résolution du ou des conflits éventuels, au rôle à confier aux divers groupes composant la société civile. La décision est d'ordre politique.

Participation
démocratique

Par ailleurs, un deuxième sujet, relié au précédent, concerne la participation de la population au débat, dont la forme, l'ampleur et le poids relatif dans le processus de prise de décision seront fonction du système et des valeurs démocratiques en cours. La participation démocratique constitue en pratique un droit mentionné dans la Déclaration universelle des droits de l'homme, de même que dans les chartes canadienne et québécoise des droits et libertés de la personne.

5.3.2.6 Le champ philosophique et moral

Légitimité de
l'intervention
humaine

Parmi les questions les plus fondamentales, se pose celle de la légitimité de l'intervention humaine sur des organismes vivants. Elle est particulièrement épineuse puisqu'elle fait appel à la conception de chacun, partagée ou non, formalisée ou non, de la place de l'homme dans l'univers. Exprimée en termes théoriques, elle puise dans des écoles de pensée opposées comme l'anthropocentrisme (l'homme au centre de l'univers) et le biocentrisme (« les frontières de la communauté morale doivent être élargies jusqu'à englober tous les êtres vivants, quels qu'ils soient¹⁹⁷ »).

197. Jean-Yves Goffi, « Biocentrisme », dans *Nouvelle encyclopédie de bioéthique*.

Le droit offre une contribution essentielle aux questions éthiques. Ainsi, certains droits invoqués en jurisprudence sont mentionnés dans la littérature.

Le droit à la santé et à la sécurité sanitaire

Dans l'état actuel de la recherche, la science n'a pas toutes les réponses souhaitées. Une telle incertitude et la notion de risque qui l'accompagne soulèvent plusieurs questions; par exemple : « Comment peut-on prendre les mesures capables de contrer le risque, alors que, dans l'état actuel des connaissances, on ne peut même pas être certain de son existence? Comment peut-on produire le savoir nécessaire à la disparition de telles incertitudes alors que les activités scientifiques ne peuvent par définition délivrer de preuves définitives et irréfutables des impacts induits qu'en regardant loin en arrière dans le passé?¹⁹⁸ », mais aussi une autre comme celle sur le niveau de risque qu'une population considère acceptable. De telles interrogations font appel non seulement à des considérations d'ordre politique et scientifique sur la façon de composer avec le risque, mais également à des considérations d'ordres éthique et juridique.

Le droit à l'information et au libre choix

La question du libre choix ne peut être dissociée du droit à l'information, qui précède l'exercice d'un choix éclairé. L'étiquetage permet au consommateur d'exercer son libre choix en sélectionnant, parmi plusieurs produits semblables, celui qui correspond le mieux à l'idée que chacun se fait de ce qui constitue un aliment sain ou qui répond aux exigences de ses convictions personnelles (religieuses, culturelles, idéologiques ou autres). Identifier quels sont les mécanismes appropriés et de quelle nature doit être l'information utile n'apparaît toutefois pas chose simple, ce que reconnaît le Nuffield Council on Bioethics : « We recommend that further research is undertaken to determine what information the public would like about GM food and how best to provide such information¹⁹⁹ ».

Le droit à la participation démocratique

La revue de littérature montre que divers mécanismes sont à même de permettre à l'État d'informer et de consulter la population sur des choix politiques qui concernent l'ensemble des citoyens, d'établir ce que certains²⁰⁰ appellent une démocratie « dialogique » (participation directe) qui, en privilégiant l'établissement d'un dialogue entre l'État et la population, n'a pas pour but de supplanter, mais d'enrichir la démocratie « délégative » (ou de représentation). La consultation publique participe de cette définition et constitue de la sorte « un lieu privilégié pour la construction d'une éthique de la responsabilité et pour l'émergence de valeurs nouvelles. En permettant le débat social, loin d'exacerber les conflits, elle assure la cohésion sociale en favorisant l'intégration des opposants au processus social. [...] La consultation constate les conflits, elle ne les crée pas. Plus encore, elle contribue à les solutionner. [...] La consultation peut faire émerger des lignes de force, des constantes, parfois des consensus. Mais règle générale, elle fera surtout apparaître les divergences, la diversité des problématiques et des visions de la société, les zones d'incertitude et d'inquiétude²⁰¹ ».

197. Jean-Yves Goffi, « Biocentrisme », dans *Nouvelle encyclopédie de bioéthique*.

198. « Conférence : Science et gouvernance dans la société du savoir, Session 2, Anticiper les risques : prévision et précaution dans la recherche », *The IPTS Report*, n° 55, (www.jrc.es/pages/iptsreport/vol55/french/SG1BF556.htm).

199. *Ibid.*, Recommandation 5.52.

200. Voir Michel Callon, Pierre Lascoumes, Yannick Barthe, *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*, La couleur des idées, Seuil, 2001.

201. André Beauchamp, *Introduction à l'éthique de l'environnement*, Interpellations, Éditions Paulines & Médiaspaul, Montréal, 1993, p. 173 et 179.

Continuité et rupture	La question de la légitimité de l'intervention humaine peut aussi être explorée en mettant l'accent sur les concepts de continuité et de rupture, tous deux cherchant à qualifier l'écart qui existe entre les manipulations génétiques et les travaux d'amélioration, sélection, hybridation réalisés avant l'apparition du génie génétique ²⁰² .
Réification du vivant	Sous la même rubrique apparaît le sujet de l'instrumentalisation du vivant, de sa réification, sujet également abordé en transgénèse animale et humaine, cette dernière renvoyant aux questions d'intégrité et de dignité de la personne.
Réponses temporaires	Le survol qui vient d'être réalisé est loin d'être exhaustif. Si les questions posées semblent déjà multiples, souvent interreliées et complexes, elles passent sous silence le fait que les réponses apportées seront vraisemblablement temporaires et incomplètes, non seulement parce que les valeurs et préférences d'une société donnée et des individus qui la composent évoluent continuellement, mais également parce que les prochaines générations d'OGM viendront modifier, élargir les données du problème à l'étude. La Commission de l'éthique de la science et de la technologie compte poser les premiers jalons de ce vaste chantier dès le début de 2002.

5.4 Faits saillants du chapitre 5

1. De façon générale, il ressort que les OGM n'ont pas vraiment la faveur de la population et qu'une minorité des personnes interrogées se disent familières avec le sujet, indiquant leur besoin d'information sur les OGM.
2. Le gouvernement ne semble pas être la ressource privilégiée à cet égard et on ne s'entend pas vraiment sur l'instance ou le groupe le mieux à même de répondre avec justesse au besoin d'information.
3. Une majorité importante de consommateurs veut un étiquetage adéquat; elle veut pouvoir choisir le type d'aliment (GM ou non GM) qu'elle consomme.
4. Les risques à long terme pour la santé apparaissent comme un élément majeur de rejet, mais auraient moins d'importance si les OGM devaient être utilisés à des fins médicales, pour le traitement ou la prévention de certaines maladies par exemple (comme ce pourrait être le cas pour les OGM de deuxième génération) ou s'ils étaient plus écologiques.
5. Pour une part importante de la population, l'acceptabilité morale des processus utilisés n'est pas acquise.
6. L'éthique offre un angle d'analyse indispensable à l'identification et à la compréhension des enjeux soulevés par les végétaux génétiquement modifiés.

202. Gilbert Hottois, « Aliment génétiquement modifié », dans *Nouvelle encyclopédie de bioéthique*.

7. Sont uniquement esquissées quelques questions d'ordre éthique qui apparaissent dans la littérature. Elles sont regroupées sous six rubriques : la R-D, l'environnement et la santé humaine, le champ économique, les choix individuels et collectifs, le champ politique et, finalement, le champ philosophique et moral.
8. La nouvelle Commission de l'éthique de la science et de la technologie consacrera un avis aux enjeux éthiques des OGM à des fins alimentaires.

CONSTATS, ENJEUX ET RECOMMANDATION

Présentation

Cet avis avait pour objectifs de faire état des connaissances scientifiques sur les impacts des OGM du domaine bioalimentaire sur la santé et sur l'environnement, ainsi que d'identifier les enjeux que représentent ces OGM pour le Québec. Le Conseil a voulu s'acquitter de son mandat en présentant, de la façon la plus rigoureuse et factuelle possible, un survol de l'information disponible sur les aspects scientifiques (chap. 1 et 2), les aspects économiques (chap. 3), les aspects réglementaires (chap. 4) et les aspects sociaux et éthiques (chap. 5). Le présent chapitre vise à présenter succinctement les principaux constats que le Conseil tire de ces chapitres, afin d'en dégager les enjeux les plus importants pour le Québec et de proposer un certain nombre de recommandations.

L'avis du Conseil porte essentiellement sur les OGM végétaux qui font partie du domaine alimentaire. Il ne couvre pas le cas des végétaux transgéniques destinés à des fins médicinales ou industrielles. Il ne traite pas non plus de la transgénèse animale et de ses nombreuses applications possibles, y compris alimentaires. Cependant, le Conseil tient à souligner que plusieurs des questions environnementales qui se posent à propos de végétaux pour consommation alimentaire humaine se posent aussi à propos des autres végétaux transgéniques, ainsi que des animaux d'élevage transgéniques (les poissons, en particulier). De plus, l'introduction éventuelle dans l'alimentation humaine d'animaux transgéniques ou de produits issus de ces animaux devrait soulever des questions sur leur innocuité possible pour la santé humaine.

La situation des OGM évolue très rapidement. Les défis associés aux aliments de source transgénique se posent à l'échelle internationale, dans un contexte de forte controverse. Il devient ainsi difficile de prédire quel sera l'avenir des OGM, ou même de dire si les OGM « sont là pour rester » ou non, que ce soit au Québec ou ailleurs.

Les constats, enjeux et recommandations que le Conseil formule dans cette dernière section sont temporaires et ne valent que pour le court terme. Une réévaluation de la situation au Québec, au Canada, mais aussi à travers le monde, devrait se faire périodiquement. Le Québec doit suivre de près l'évolution du dossier.

Constats et observations

La présente sous-section expose les constats généraux les plus importants qui se dégagent des chapitres précédents, par ordre d'apparition des sujets qui y ont été abordés.

La presque totalité (99 %) des plantes génétiquement modifiées qui sont cultivées dans le monde appartiennent à quatre espèces : le maïs, le soya, le colza et le coton. Ces plantes transgéniques, dites de « première génération », ont été modifiées pour des raisons agronomiques : essentiellement la résistance à des insectes ravageurs et la tolérance à des herbicides. Les quatre espèces ont commencé à être cultivées de façon intensive au milieu des années 1990, dans quelques pays dont le Canada.

Les caractéristiques des OGM de première génération ne visaient pas à intéresser directement les consommateurs. Ceux-ci ne tirent pas d'avantages particuliers de ces aliments. Par contre, plusieurs des modifications génétiques des OGM actuellement en expérimentation à travers le monde portent sur le développement de caractéristiques qui pourraient s'avérer avantageuses pour le consommateur : amélioration de la valeur nutritive, neutralisation de l'allergénicité de certaines plantes, aliments médicalisés, etc. D'autres produits pourraient avoir des effets bénéfiques pour l'environnement. Ces OGM futurs sont encore à l'état de projets et leurs bénéfices pour la société demeurent hypothétiques.

La production commerciale de cultures transgéniques à des fins alimentaires est un phénomène encore très récent, qui a connu une forte expansion au cours des dernières années. Les surfaces consacrées à ces cultures, de même que le nombre de pays qui en produisent, ne cessent d'augmenter. Par contre, les OGM sont aussi fortement contestés à travers le monde. Des groupes opposés à cette technologie et à ses produits font pression auprès de l'opinion publique et des gouvernements, invoquant différents risques possibles pour la santé et l'environnement. Des pays d'Europe et d'Asie ont décrété des moratoires ou des restrictions sévères sur la production et l'importation de produits transgéniques.

Aucune catastrophe alimentaire ou environnementale reliée aux OGM n'a été rapportée depuis que les cultures transgéniques font l'objet d'une production intensive. Cette expérience de quelques années est cependant trop récente et trop limitée pour permettre de tirer des conclusions quant à l'innocuité des OGM en général. En effet,

1. Les résultats de cette expérience sur quatre plantes ne peuvent être extrapolés à d'autres plantes, ni à d'autres types de modifications génétiques.
2. Les effets possibles à long terme des OGM de première génération sur la santé et sur l'environnement n'ont pas encore pu être évalués.
3. Le degré réel d'exposition des consommateurs aux OGM reste inconnu. Aucune information ne permet de dire dans quelle proportion et sous quelle forme les produits transgéniques se retrouvent actuellement dans des aliments disponibles sur le marché.

Les principaux risques potentiels que présentent les OGM pour la santé humaine sont la toxicité, à court et à long termes, et l'allergénicité. Ces risques sont liés aux effets directs du gène d'intérêt, ou encore à des effets dits pléiotropiques. Un autre risque potentiel est lié à l'emploi d'un type de gène marqueur codant pour une résistance à certains antibiotiques.

Les principaux risques potentiels des OGM pour l'environnement sont les suivants : la modification de la rhizosphère, y compris le transfert horizontal de gènes à des bactéries du sol, la propagation indésirable de la plante transgénique elle-même, la diffusion de gènes de la plante transgénique à des plantes nuisibles ou sauvages qui lui sont apparentées, l'apparition d'insectes résistants aux insecticides et les effets négatifs sur la biodiversité, en particulier sur les espèces non ciblées.

L'état des connaissances scientifiques sur les impacts des OGM sur la santé et sur l'environnement reste pour le moment insuffisant et non concluant. Bien que des travaux aient été faits sur le sujet avant les années 1990, les recherches portant spécifiquement sur l'évaluation des risques comme des bénéfices potentiels, sont en général récentes et peu nombreuses. En conséquence, les connaissances validées scientifiquement sur les effets des OGM sont encore très limitées, notamment quant aux risques liés aux flux de gènes de cultures transgéniques, ou encore quant aux incidences nocives sur la santé humaine que pourraient causer à long terme certaines protéines de source transgénique (toxicité chronique).

Plusieurs des craintes relatives aux impacts des OGM sont plausibles sur le plan théorique. C'est la probabilité associée à chacun des risques identifiés qui est encore difficile à évaluer. Ainsi, l'apparition redoutée d'une super-mauvaise herbe par intégration d'un transgène adaptatif puissant demeure encore théorique, mais elle n'est pas impossible. Du côté de la santé, les tests existants sont adéquats pour évaluer les dangers de toxicité aiguë ou immédiate d'une protéine pure, mais ils restent encore insuffisants pour déterminer l'allergénicité potentielle de protéines nouvelles (transgéniques ou non) qui ne faisaient pas partie auparavant de l'alimentation humaine. Comme pour plusieurs substances chimiques présentes dans l'alimentation, il n'existe pas non plus de moyens fiables pour déceler les risques d'apparition à long terme d'effets toxiques.

Observation : L'expérimentation scientifique permet de quantifier la fréquence et l'ampleur du risque posé par un aliment nouveau. Les résultats de la recherche permettent de dire que, dans l'état actuel des connaissances, aucun effet nocif n'a été décelé dans telles ou telles conditions, à la suite de tels ou tels tests. L'avènement de nouvelles techniques de mesure, plus précises, peut éventuellement modifier ces résultats. En ce sens, le risque zéro n'est pas scientifique. Les connaissances scientifiques évoluent. Ce qui était tenu pour acquis peut toujours être remis en question, lorsque de nouvelles données, validées scientifiquement, deviennent disponibles.

Les connaissances actuelles ne permettent pas non plus de valider les bénéfices escomptés des OGM. Jusqu'à présent, les deux grands types de modification génétique des espèces cultivées visaient principalement à répondre à des besoins agricoles classiques. La lutte aux nuisibles est un des enjeux majeurs de toute production agricole. Introduire le pesticide approprié dans le bagage génétique de la plante, ou encore rendre cette plante résistante à un herbicide, sert fondamentalement les mêmes fins que d'autres techniques employées pour protéger les récoltes contre les insectes ou les mauvaises herbes. Les avantages que procure la transgenèse, comme les risques potentiels qu'elle peut entraîner, devraient pouvoir être comparés aux avantages et aux risques que présentent d'autres méthodes de production. Pour le moment, il existe très peu de données comparatives de ce type. Les résultats disponibles sont le plus souvent partiels; les gains de productivité observés varient d'une espèce à l'autre, d'une saison à l'autre, d'une région à l'autre. Il en est de même des bénéfices environnementaux (réduction de pesticides ou d'herbicides, réduction de l'érosion des sols, etc.). Sur ce plan, un bilan plus systématique apparaît nécessaire.

Avec 3 millions d'hectares de cultures transgéniques, le Canada est le troisième pays producteur d'OGM au monde, après les États-Unis et l'Argentine. Au Québec, la production agricole d'OGM n'est pas marginale : environ 25 %

des surfaces cultivées des espèces en question lui sont consacrées. En 2001, 27 % du maïs et 16 % du soya cultivés ici sont transgéniques. Dans le cas du colza, une culture encore marginale au Québec, c'est 75 % des surfaces cultivées qui sont consacrées à des variétés transgéniques. La presque totalité du maïs produit est destinée à l'alimentation animale. Environ 70 % du soya va à des marchés d'exportation outre-mer. La valeur estimée des cultures transgéniques au Québec s'élevait à 84 millions de dollars en 2000.

La production mondiale de semences et d'OGM s'appuie sur un petit nombre de grandes compagnies de biotechnologie. Au Québec, 15 % des firmes œuvrant en biotechnologie travaillent dans le domaine agricole; seulement quelques unes d'entre elles développent des produits transgéniques à des fins agricoles ou alimentaires.

Au Canada, les centres de recherche fédéraux et les universités sont des acteurs importants en recherche agroalimentaire. Le nombre de chercheurs universitaires actifs en transgénèse végétale au Québec est restreint : une quinzaine. Plusieurs projets de transgénèse végétale et animale en cours concernent le domaine de la santé. Très peu portent sur le développement d'OGM alimentaires. Selon les informations fournies par l'ACIA, dix essais en champs confinés ont été autorisés au Québec en 2000, ce qui représente 1 % du total canadien.

Les impacts des OGM sur la santé et l'environnement intéressent l'ensemble des pays industrialisés ainsi que de plus en plus de pays en voie de développement. La recherche dans ce domaine donne lieu à un effort scientifique international. De plus, des organismes internationaux, comme la Commission du Codex Alimentarius, sont appelés à jouer un rôle majeur dans l'élaboration d'une certaine standardisation des principes et normes en matière de contrôle des OGM.

L'état actuel de la réglementation internationale sur les OGM n'est pas homogène. Des pays comme les États-Unis et le Canada considèrent les aliments transgéniques comme des aliments nouveaux parmi d'autres; ils n'imposent pas non plus d'étiquetage obligatoire particulier sur les OGM. Dans d'autres pays, comme en Europe, les OGM sont soumis à une réglementation qui leur est propre, y compris à des règles d'étiquetage spécifiques. Cette disparité de la réglementation internationale est à mettre en relation avec des problèmes de circulation et de commercialisation de certaines denrées alimentaires entre pays.

Au Canada, les organismes d'évaluation et d'homologation des cultures transgéniques et des nouveaux aliments relèvent du gouvernement fédéral : ce sont l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) et Santé Canada. Les gouvernements provinciaux ne sont pas impliqués dans le processus. Le Québec est informé des essais en champ qui se déroulent sur son territoire, mais il n'est pas associé à la décision.

Des critiques importantes ont été adressées à l'endroit du processus d'évaluation et d'homologation canadien : manque de transparence, non-accessibilité des données, manque d'indépendance du processus d'évaluation, utilisation restrictive du principe d'équivalence substantielle, etc.

Observation : Dans son rapport sur les OGM, le groupe d'experts de la Société royale du Canada n'a pas réussi à obtenir l'accès aux données scientifiques sur lesquelles se fondent les décisions de l'ACIA ou de Santé Canada. La communauté scientifique canadienne n'est donc pas en mesure de porter un jugement sur la validité scientifique du processus, ce qui contribue au manque de confiance de la population envers le système public qui a la responsabilité d'évaluer les OGM. Pour les fins du présent rapport, le Conseil n'a eu ni le temps ni les moyens de vérifier si les critiques qui ont été adressées aux organismes fédéraux sont fondées. Par contre, d'autres rapports récents comme celui du Comité consultatif canadien de la biotechnologie (août 2001), et celui de l'Ontario Public Health Association (novembre 2001) réitèrent plusieurs des critiques et des recommandations du groupe d'experts de la Société royale du Canada.

Le gouvernement du Québec possède une certaine marge de manœuvre dans le domaine de la réglementation agricole, alimentaire et environnementale. Il a aussi d'importantes responsabilités à l'égard de la santé publique. Les particularités environnementales du territoire québécois et celles culturelles de la société québécoise peuvent justifier des choix sociaux différents de ceux d'autres provinces canadiennes. Le gouvernement du Québec prépare un rapport sur les retombées du Protocole de Carthagène, lequel établit certaines règles sur le commerce international des organismes vivants modifiés (dont les OGM). De plus, le ministère de l'Environnement envisage d'élaborer un cadre de gestion sur les risques environnementaux associés aux biotechnologies et aux produits OGM au Québec, avec la collaboration d'autres ministères.

Par ailleurs, la place que devraient occuper les OGM dans l'alimentation humaine soulève des controverses dans la population. Des débats opposent des groupes favorables et défavorables aux OGM. Des préférences et valeurs individuelles et collectives sont en cause. Les OGM soulèvent des enjeux éthiques. La nouvelle Commission de l'éthique de la science et de la technologie, créée dans la foulée de la Politique québécoise de la science et de l'innovation, a décidé de consacrer ses premiers travaux aux enjeux éthiques liés aux OGM, lesquels commenceront au début de 2002.

Les résultats de plusieurs sondages effectués au cours des dernières années permettent de caractériser les grandes préoccupations des Québécois à l'égard des OGM. Les Québécois veulent être en mesure de décider par eux-mêmes s'ils désirent consommer ou non de tels aliments. L'étiquetage fait l'objet d'un fort consensus. Le besoin de sources d'information fiables compte au nombre des principales préoccupations des Québécois.

Enjeux pour le Québec

Sans préjuger des orientations ou des décisions que prendra la société québécoise sur la question des OGM, les enjeux et recommandation qui suivent postulent que les OGM vont faire partie du paysage agroalimentaire au Québec encore au moins pour quelques années.

Enjeux scientifiques

1 – Expertise québécoise dans les champs scientifiques reliés aux OGM, aux autres technologies agricoles, ainsi qu’aux domaines connexes des biotechnologies

Les lacunes constatées à propos des connaissances sur les produits transgéniques, ainsi que sur leurs impacts possibles sur la santé et sur l’environnement concernent le Québec autant que les autres sociétés. La recherche sur ces sujets donne lieu, et doit continuer de donner lieu, à un effort scientifique international. Des chercheurs québécois et canadiens participent à cet effort mondial; l’activité de recherche et la formation de chercheurs au Québec et au Canada doivent demeurer à la fine pointe des connaissances dans le domaine.

Le Québec doit maintenir une présence active dans les différentes sciences fondamentales reliées à la compréhension du vivant et de son fonctionnement, comme la génétique, la génomique, la biologie cellulaire et moléculaire, la protéomique, la biochimie, la physiologie, l’écologie. Il doit également participer à l’effort international pour tout ce qui touche aux procédés de transgénèse et à leurs impacts pour la santé et l’environnement.

La recherche sur les impacts des plantes transgéniques ne devrait pas se limiter au domaine alimentaire. Des études environnementales sont requises également dans des domaines connexes où se pratique la transgénèse, la sylviculture par exemple, ou encore l’utilisation de plantes transgéniques comme bioréacteurs à des fins de production pharmaceutique et industrielle.

Le Québec doit s’assurer d’être présent dans les différents domaines de recherche fondamentale reliés au développement des connaissances en agroalimentation, à l’amélioration de l’évaluation des effets de la transgénèse, et à celle des tests de détection. Il doit aussi maintenir et développer une force en biotechnologie végétale dans d’autres champs d’application que celui des OGM alimentaires. C’est le cas notamment du secteur forestier, qui revêt une grande importance économique au Québec.

2 – La recherche dans des créneaux d’intérêt plus particuliers pour le Québec

En plus de participer à l’effort scientifique international, le Québec a la responsabilité de développer la recherche sur les impacts environnementaux qu’ont les cultures transgéniques, ainsi que d’autres technologies agricoles, sur les écosystèmes de son propre territoire. La culture de variétés transgéniques au Québec s’inscrit dans un contexte agro-climatologique et écologique différent de celui d’autres régions du Canada et des États-Unis.

Un autre domaine de recherche où apparaît une certaine spécificité québécoise est celui des études socio-économiques : études de comportement concernant les modes de production, les habitudes alimentaires et les préférences (valeurs, attitudes, représentations) en matière environnementale, en perception du risque, etc.

Enjeux sociaux

1 – Une information de base fiable sur les OGM, accessible au public

Les sondages indiquent que le public est avide d'information sur toutes les questions concernant les OGM et leurs effets sur la santé et l'environnement. Dans un contexte de controverse comme celui qui existe à propos des OGM, il est essentiel que soit fournie aux citoyens une information de base impartiale et à jour sur le sujet, à la fois dans le champ des sciences de la vie et dans celui des sciences sociales et humaines. Les pouvoirs publics et les médias ont la responsabilité de s'assurer que le public puisse disposer d'une information qui soit à la fois validée scientifiquement et présentée de façon neutre, claire et accessible.

2 – Une consultation publique pour permettre à la société québécoise d'exprimer ses préférences à propos des OGM et de participer au processus de décision

Le Québec doit faire ses propres choix, en matière de production et de consommation d'OGM. Ces choix doivent prendre en considération l'évolution de tous les aspects de la question à l'échelle internationale, mais ils doivent principalement découler d'un débat public éclairé et rigoureux sur les options qui s'offrent à la société québécoise. Dans un contexte d'incertitude scientifique et de controverse sociale, une consultation publique structurée et équitable doit permettre aux citoyens d'exprimer leurs préoccupations et leurs préférences à l'égard des OGM sur les options qui se présentent à propos notamment de :

- la disponibilité des OGM dans le commerce alimentaire et, le cas échéant, la qualité et la quantité d'informations sur les produits que le consommateur souhaite obtenir (étiquetage);
- l'opportunité ou non de soutenir le développement de nouveaux OGM au Québec;
- le rôle que devraient jouer les gouvernements dans ce dossier, notamment en matière de gestion du risque.

Enjeux économiques

1 – Une évaluation de l'intérêt économique des OGM actuels, ainsi que des autres technologies de production, tant pour les producteurs que pour les consommateurs québécois

Il est difficile d'évaluer les enjeux économiques que peuvent représenter les OGM pour le Québec. La rentabilité des productions transgéniques québécoises (maïs, soya, colza) n'a pas été étudiée, leurs coûts et leurs avantages comparatifs par rapport à d'autres technologies non plus. Le Québec n'est pas un très gros producteur d'OGM. Sur les trois espèces qui donnent lieu à une production transgénique, seul le soya fait l'objet d'une exportation importante.

Une meilleure connaissance des impacts économiques des OGM passe par une mise en perspective des effets des autres technologies agricoles qu'ils visent à remplacer. C'est seulement en estimant les risques et les bénéfices des OGM, en eux-mêmes, mais aussi par rapport à d'autres technologies de production, qu'il sera possible de juger de leur intérêt économique réel.

D'autres aspects économiques doivent être étudiés dans le contexte québécois : les coûts de l'étiquetage et de l'implantation d'un système de traçabilité, les effets structurants des OGM sur l'ensemble de la filière agroalimentaire, les implications économiques de la propriété intellectuelle dans le cas des semences transgéniques, l'opportunité de développer des filières certifiées non-OGM pour certains marchés, la répartition des bénéfices économiques de la technologie entre les agents (firmes de biotechnologie, producteurs agricoles, consommateurs et autres), etc.

2 – Une veille économique internationale

Pour le moment, l'évolution des marchés internationaux OGM est encore incertaine. La Communauté européenne prévoit lever son moratoire *de facto* d'ici la fin de 2002. Un nouveau régime de réglementation sera mis en place. D'autres marchés, comme celui du Japon, restent à toutes fins utiles fermés à l'importation d'OGM. L'application du Protocole de Carthagène sur la circulation des OVM (organisme vivant modifié) dans différents pays devra être suivie de près, de même que l'évolution des règles du commerce international. Dans ce contexte, des occasions nouvelles de développer certains marchés peuvent se présenter pour des produits OGM ou non-OGM. Les options sont encore ouvertes et devraient être soumises à la consultation publique.

Le Québec doit assurer une veille économique sur l'évolution du commerce des denrées alimentaires et de la place qu'y occupent les aliments transgéniques, afin de profiter des occasions qui pourraient se présenter de développer des filières spécifiques pour certains marchés (OGM ou non-OGM).

Enjeux politiques

1 – La protection de la santé publique et de l'environnement par les instances responsables de l'homologation des OGM

Il est essentiel que le processus canadien d'évaluation soit parfaitement rigoureux, transparent et crédible. L'approbation de nouveaux organismes transgéniques et de leur utilisation pour l'alimentation humaine et animale, doit être assujettie à une évaluation scientifique rigoureuse de leurs incidences potentielles sur l'environnement et la santé humaine et animale. Le Québec doit s'assurer auprès du gouvernement fédéral que les organismes concernés, l'ACIA et Santé Canada, remplissent leurs fonctions avec la compétence, la rigueur et la transparence voulues, et qu'ils disposent des ressources scientifiques et financières nécessaires pour s'acquitter de leurs mandats.

Le Québec doit demander notamment :

- que soit adopté un régime de tests complets et à long terme sur les effets écologiques des produits issus de la biotechnologie qui présentent un risque potentiel pour l'environnement, notamment en ce qui a trait à la persistance d'un organisme ou d'un produit issu de l'organisme, à ses effets persistants sur

les cycles biogéochimiques, ou à ses effets nuisibles découlant du transfert horizontal de gènes et de la sélection génétique; l'évaluation des incidences ne doit pas porter seulement sur les écosystèmes agricoles, mais sur les écosystèmes naturels et perturbés dans les régions où on envisage ces cultures;

- que tous les tests et protocoles retenus pour l'évaluation des nouveaux OGM puissent être revus par des experts indépendants;
- que soit réalisée une plus grande standardisation des tests et des procédures d'homologation;
- que les fonctions de promotion des technologies et de surveillance ne soient pas assumées par les mêmes organismes, mais indépendamment l'une de l'autre;
- que les données scientifiques requises pour les autorisations soient soumises de façon régulière à une évaluation par les pairs et rendues disponibles au public.

2 – Le renforcement de l'expertise et de la veille stratégique en matière d'OGM au sein du gouvernement du Québec

Le gouvernement du Québec a la responsabilité de développer sa propre expertise en matière d'OGM dans le secteur alimentaire et dans les autres secteurs d'application. Il doit pouvoir disposer de ses propres conseillers pour le guider en regard des questions stratégiques reliées à toutes les dimensions du dossier : scientifiques, économiques, juridiques, éthiques, politiques, etc. Certains ministères comme le MAPAQ et le MENV ont mis en place de petites équipes dans le domaine. Les OGM concernent aussi d'autres ministères et organismes publics (ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie, ministère de la Santé et des Services sociaux, Institut national de la santé publique du Québec, ministère des Relations avec les citoyens et de l'Immigration, Office de la protection du consommateur, ministère de l'Industrie et du Commerce, etc.). Toutes ces instances, chacune dans son secteur de juridiction, doivent s'assurer de pouvoir compter sur un noyau d'expertise interne, en plus de recourir régulièrement à des experts externes, indépendants et crédibles. Ces instances doivent également se concerter et échanger l'information sur une base continue.

Développer cette expertise québécoise est une condition essentielle pour surveiller l'évolution internationale du dossier des OGM sous tous ses aspects, ainsi que pour appuyer d'éventuelles représentations québécoises auprès du gouvernement fédéral.

Cette expertise est également nécessaire pour élaborer et mettre en place des mesures conformes aux grands consensus de la société québécoise en matière de gestion des OGM sur le territoire québécois.

Enjeux éthiques

Quelques questions d'ordre éthique ont été soulevées autour des OGM, dans le chapitre 5 du présent rapport, notamment : la légitimité de l'intervention humaine, certains choix face à l'évaluation et à la gestion du risque, les fondements et les modes de résolution d'une controverse, la concentration au sein de l'industrie des semences, la brevetabilité du vivant, l'équité dans la

répartition des coûts et des bénéfices, la conciliation de l'intérêt collectif et des intérêts individuels, etc. Conscient d'avoir à peine effleuré le sujet, le Conseil n'a pas voulu en déduire les enjeux principaux pour le Québec. Il considère cependant cette question comme extrêmement importante.

Les travaux de la Commission de l'éthique de la science et de la technologie sur les aspects éthiques des OGM devraient apporter une contribution majeure à la discussion sur ce sujet au Québec.

Recommandation

Le Conseil de la science et de la technologie a pour mission de « *définir, de manière intégrée, rigoureuse et critique, des objectifs et des moyens pour développer la science, la technologie et l'innovation au bénéfice de la société québécoise*¹ ».

En l'occurrence, ce qui relève de l'intérêt public en matière d'OGM n'a pas encore été clairement établi auprès de la société québécoise. Le Conseil considère qu'il est prématuré de prendre position sur le sujet. C'est pourquoi, sans préjuger des conclusions d'une consultation qui devrait prendre place rapidement, il formule une seule recommandation. Celle-ci propose au gouvernement du Québec des repères balisant une démarche systématique en vue de définir ses orientations en matière de production, circulation et consommation des OGM.

Le Conseil de la science et de la technologie recommande :

Que le gouvernement du Québec adopte une démarche de gestion transparente et démocratique du dossier des OGM alimentaires, axée sur l'acquisition et le partage des connaissances, ainsi que sur la participation du public, et comprenant au moins les cinq volets suivants :

- 1. Le soutien à la recherche et au développement de l'expertise québécoise dans les champs scientifiques reliés aux OGM, notamment : a) les impacts environnementaux à court et à long termes des OGM produits et expérimentés sur le territoire québécois, b) les impacts des OGM sur la santé humaine et animale, c) les aspects sociaux, éthiques, juridiques, économiques, politiques et culturels des OGM.**
- 2. La diffusion auprès du public d'une information fiable et validée sur les OGM alimentaires et couvrant les aspects scientifiques, économiques, sociaux, éthiques et autres de la question.**
- 3. La consultation du public pour cerner les enjeux, identifier les préoccupations et dégager les consensus de la société québécoise sur les grandes orientations à adopter à propos des OGM.**
- 4. La mise en place d'un réseau de veille, avec des partenaires gouvernementaux et non gouvernementaux, afin de suivre l'évolution internationale de toutes les facettes des biotechnologies alimentaires à travers le monde.**
- 5. Des représentations auprès du gouvernement fédéral pour que le dispositif d'autorisation des OGM au Canada fasse l'objet d'une évaluation complète et impartiale et que soient apportés tous les correctifs nécessaires, s'il y a lieu, pour s'assurer que la santé des citoyens et l'environnement soient protégés.**

1. Conseil de la science et de la technologie, *Plan stratégique 2001-2004*, Sainte-Foy, p. 10.

Moyens suggérés

- Un programme de soutien à la recherche (par exemple de type Action concertée) offert par les trois Fonds subventionnaires québécois, sur l'évaluation environnementale, sanitaire et socio-économique des plantes transgéniques (incluant la sylviculture) dans le domaine agroalimentaire et dans les autres domaines d'application des cultures transgéniques.
- Une intervention conjointe du MRST et de ses partenaires ministériels québécois, des universités et du gouvernement fédéral pour s'assurer que les chercheurs québécois disposent des infrastructures nécessaires à l'expérimentation et à l'évaluation des impacts de nouveaux produits et procédés agricoles, dans des conditions de sécurité maximales sur les plans de l'environnement et de la santé.
- Un examen de l'offre et de la demande de ressources humaines qualifiées dans les disciplines reliées au développement des connaissances en agroalimentation et à l'évaluation des impacts des OGM, en vue d'apporter les ajustements nécessaires pour que les établissements d'enseignement supérieur québécois fournissent les compétences dont le Québec a besoin.
- La formation d'un regroupement d'experts pour rassembler et valider l'information à diffuser au public sur les OGM, avec le concours de communicateurs scientifiques agissant comme médiateurs, cette diffusion de l'information devant être préalable à la tenue de toute consultation sur le sujet.
- La consultation du public sur des questions comme l'étiquetage des aliments GM et ses implications sur l'ensemble de la filière agroalimentaire, ainsi que la pertinence ou non d'un soutien gouvernemental au développement de nouveaux OGM pour le Québec.
- La mise sur pied d'un Observatoire ayant pour principal mandat d'assurer les activités de veille sur tous les enjeux reliés aux biotechnologies alimentaires, mais devant aussi répondre aux demandes d'information du public, du gouvernement et d'autres acteurs; cet observatoire devrait détenir toutes les qualités requises pour jouer pleinement sa double fonction : indépendance, crédibilité, impartialité, financement suffisant, etc.
- Le renforcement du noyau d'expertise déjà en place dans les différents ministères concernés à un titre ou à un autre par les OGM, aux fins de leur propre veille stratégique.

ANNEXES

Mandat du ministre

Sillery, le 13 juin 2001

Madame Hélène P. Tremblay
Présidente
Conseil de la science et de la technologie
1200, route de l'Église, 3^e étage, bureau 3.45
Sainte-Foy (Québec) G1V 4Z2

Madame la Présidente,

Parmi les préoccupations de nos concitoyens quant aux incidences du développement scientifique et technologique, les questions relatives aux risques éventuellement associés aux organismes génétiquement modifiés (OGM) occupent une place de plus en plus importante, comme en témoigne d'ailleurs la couverture médiatique croissante. Ce sont surtout les impacts possibles des aliments génétiquement modifiés sur la santé, et des OGM sur l'environnement, qui sont au centre de leurs préoccupations.

Les citoyens attendent du gouvernement qu'il assume pleinement ses responsabilités à cet égard. Or celles-ci doivent s'exercer sur la base d'une connaissance la plus exacte possible de l'état du savoir scientifique, notamment quant aux enjeux de la production, de la commercialisation et de la consommation d'OGM.

Il est dans nos rôles respectifs de contribuer à ce qu'au Québec le développement des OGM repose sur de solides bases scientifiques. C'est donc dans cette perspective, en vertu de l'article 15.12 de la Loi sur le ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie, que je sollicite un avis du Conseil de la science et de la technologie.

Je vous adresse cette demande après concertation avec mes collègues, les ministres de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et de l'Environnement, tous deux concernés dans leurs champs de responsabilités respectifs. Le premier a des responsabilités à l'égard de la production, de la transformation, de la commercialisation et de l'innocuité des produits agricoles, aquacoles et alimentaires. De façon particulière, ce ministère est notamment responsable de l'étiquetage des aliments, d'où son grand intérêt à l'égard des OGM. Le ministère de l'Environnement, quant à lui, est responsable de la gestion des impacts possibles de la diffusion des OGM dans l'environnement, notamment en ce qui a trait aux incidences éventuelles sur la biodiversité.

Je souhaite donc que le Conseil, en matière de production, de circulation et de consommation de végétaux et d'animaux génétiquement modifiés, dresse un état général des connaissances actuelles et des enjeux pour le Québec, en attachant une attention prioritaire aux incidences possibles de ces activités sur la santé et sur l'environnement.

Je désire que l'avis du Conseil me soit transmis avant le 21 décembre prochain.

Veuillez agréer, Madame la Présidente, l'expression de mes meilleurs sentiments.

DAVID CLICHE

Membres du Conseil de la science et de la technologie

La présidente

Mme Hélène P. Tremblay

Les membres

M. Maurice Avery

Président
Soft Innove inc.

M. André Beauchamp

Président
Enviro Sage

Mme Claude Benoît

Présidente et chef de la direction
Société du Vieux-Port de Montréal
Directrice, Centre des sciences de Montréal

Mme Francine Bonicalzi

Présidente-directrice générale
Technopole— Vallée du Saint-Maurice

Mme Louise Dandurand

Présidente
Fonds québécois de la recherche sur la société et la culture

M. Jean-Guy Frenette

Vice-président à la concertation sectorielle et adjoint au premier vice-président
Fonds de solidarité des travailleurs du Québec

M. Martin Godbout

Président
Hodran inc.

M. Pierre-André Julien

Professeur et titulaire de la Chaire Bombardier
Université du Québec à Trois-Rivières

Mme Nicole Lafleur

Directrice générale
Cégep de Lévis-Lauzon

M. Hany Moustapha

Directeur — Programme de technologie, formation technique et collaboration
Pratt & Whitney Canada

M. Jean Nicolas

Professeur titulaire — Département de génie mécanique
Université de Sherbrooke

M. Denis Poussart

Professeur — Département de génie électrique et informatique
Université Laval

M. Jean-Marc Proulx

Président-directeur général
Valorisation Innovation Plus inc.

Mme Louise Quesnel

Vice-doyenne aux affaires extérieures
Faculté de génie et d'informatique
Université Concordia

Les membres observateurs

M. Jacques Babin

Sous-ministre adjoint à la planification
Ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie

M. Gilles Demers

Sous-ministre adjoint à la planification
Ministère de l'Industrie et du Commerce

M. Michel Desrochers

Directeur général
Institut de recherche en biotechnologie

La secrétaire générale

Mme Suzanne D'Annunzio

Membres du comité de pilotage

La présidente du comité

Mme Hélène P. Tremblay

Présidente

Conseil de la science et de la technologie

Les membres du comité

M. Guy De Bailleul

Professeur titulaire

Faculté de l'agriculture

Directeur des relations internationales

Université Laval

Mme Louise Dandurand

Présidente

Fonds québécois de la recherche sur la société et la culture

M. André Delisle

Président et directeur

Transfert Environnement

M. Marc Fortin

Professeur — Département des sciences végétales

Université McGill

M. Martin Godbout

Président

Hodran inc.

Mme Thérèse Leroux

Professeure

Centre de recherche en droit public

Université de Montréal

M. François Levac

Médecin — Surveillance en environnement

Régie régionale de la santé et des services sociaux de la Montérégie

M. Jeremy McNeil

Professeur — Département de biologie

Faculté des sciences et de génie

Université Laval

M. François Pothier

Professeur titulaire — Département des sciences animales

Université Laval

Mme Suzanne D'Annunzio

Secrétaire générale

Conseil de la science et de la technologie

Le secrétaire du comité

M. Alain Bergeron

Agent de recherche

Conseil de la science et de la technologie

Glossaire

Acétylation : Une des modifications chimiques qui peuvent survenir chez les protéines après leur synthèse. Par exemple, l'acétylation et la désacétylation des protéines associées à l'ADN dans les chromosomes est un mécanisme normal de régulation qui intervient lors de la transcription des gènes.

Acides aminés : Molécules organiques qui, en s'assemblant, forment les protéines chez les organismes vivants. C'est le code génétique qui détermine la séquence des acides aminés d'une protéine. Il y a vingt acides aminés appelés *alanine*, *arginine*, *asparagine*, *acide aspartique*, *cystéine*, *acide glutamique*, *glutamine*, *glycine*, *histidine*, *isoleucine*, *leucine*, *lysine*, *méthionine*, *phénylalanine*, *proline*, *sérine*, *thréonine*, *tryptophane*, *tyrosine* et *valine*.

ADN (acide désoxyribonucléique) : Molécule qui sert de support matériel à l'information génétique de presque tous les organismes vivants. L'ADN renferme dans sa structure même les renseignements nécessaires à la survie et à la reproduction. La molécule est constituée de deux chaînes parallèles de nucléotides qui s'enroulent autour d'un axe central pour former une double hélice. Elle comprend trois sous-unités — une base azotée, un sucre (désoxyribose) et un groupe phosphate — dont l'assemblage forme un nucléotide. Le sucre et le groupe phosphate ne variant pas d'un nucléotide à l'autre, l'identité particulière d'un nucléotide est donnée par la base azotée qu'il contient (voir base(s) azotée(s)).

ADN recombinant (ADNr) : Molécule d'ADN construite à partir de segments d'ADN d'origines différentes. La technologie de l'ADNr permet entre autres la transgénèse, c'est-à-dire l'insertion d'un gène étranger dans le génome d'un organisme vivant.

Adventice : Végétal qui se développe en concurrence avec une plante cultivée. Mauvaise herbe.

Agrobactéries : Groupe de bactéries du sol. Certaines agrobactéries provoquent des tumeurs (galles) chez des plantes comme le tabac et le soja à cause de leur capacité naturelle de transférer l'information génétique contenue dans un brin d'ADN circulaire (plasmide).

Agrobacterium tumefaciens : En milieu naturel, il s'agit d'une agrobactérie qui cause la maladie de la galle du collet chez certaines plantes. Certaines propriétés de l'*Agrobacterium tumefaciens* sont utilisées en transgénèse végétale.

Aire de refuge : Zone de culture établie en bordure d'une culture exposée à des insecticides (production d'insecticides par des plantes GM ou pulvérisation). Les aires de refuge servent à diminuer les chances d'apparition d'insectes résistants, en constituant une zone où les insectes peuvent se nourrir et se reproduire sans être exposés aux insecticides.

Allergène : Substance, habituellement une protéine, qui provoque une réaction allergique chez certaines personnes.

Allergie : État d'hypersensibilité impliquant le système immunitaire et consécutif à une exposition à certaines substances, habituellement des protéines. L'allergie met en jeu plusieurs anticorps, dont l'immunoglobuline E (IgE). En présence d'un allergène, l'IgE déclenche la libération de substances toxiques qui causent la réaction allergique. **Allergie alimentaire** : Réaction immunologique habituellement causée par l'ingestion ou le contact avec un aliment ou un constituant alimentaire.

Antibiotique : Substance chimique employée dans le traitement des infections bactériennes. Les antibiotiques peuvent être produits naturellement, en se servant de micro-organismes, ou synthétiquement.

Anticorps : Protéine produite par le système immunitaire des animaux et des humains en réponse à la présence d'une substance étrangère (antigène) (voir immunoglobine).

Arabidopsis sp. : Petite plante de la famille de la moutarde dont on vient de séquencer le génome. Elle est généralement utilisée dans le cadre d'études en génétique et génomique des plantes.

ARN (Acide ribonucléique) : Molécule qui joue, entre autres, le rôle de messenger de l'information génétique détenue par l'ADN (voir ARN messenger). L'ARN est formée d'une seule chaîne de nucléotides.

ARN messenger (mARN) : Molécules d'ARN produites lors de la transcription des gènes. Leur rôle consiste à transcrire une séquence d'ADN puis à transporter l'information génétique recueillie du noyau vers le cytoplasme. L'ARN messenger se place ensuite sur une unité d'assemblage, le ribosome, où il sera *traduit* en une séquence d'acides aminés qui entreront dans la fabrication d'une protéine.

Bactérie : Microorganisme constitué d'une seule cellule dépourvue de noyau. Les bactéries possèdent un génome principal ("chromosome" circulaire et/ou linéaire) et des éléments annexes (plasmides). Il existe plusieurs familles de bactéries, dont les agrobactéries.

Bactériophage ou phage : Virus qui infecte les bactéries et provoque leur destruction. Parfois utilisé comme vecteur de transfert en transgénèse végétale.

***Bacillus thuringiensis* (Bt)** : Bactérie en forme de bâtonnet droit et régulier qui vit aux dépens de composés organiques, présents sur le sol et les végétaux, dans l'eau comme dans l'air. Elle se singularise par la production d'une substance (toxine) mortelle pour les larves de nombreux insectes (papillons, moustiques, coléoptères). La toxine de *Bacillus thuringiensis* se présente sous forme d'un cristal et est ingérée en même temps que le végétal par la larve d'insecte (chenille par exemple). La digestion dissout le cristal et libère la molécule toxique qui provoque la mort en quelques heures. Les propriétés insecticides du Bt sont fortement utilisées en agriculture sous différentes formes, dont l'insertion de gènes de la bactérie dans le génome de certaines plants cultivés (maïs, coton) pour leur conférer la capacité de produire la toxine.

Base(s) azotée(s) : Une des trois composantes chimiques de l'ADN ou de l'ARN. Il y a quatre bases azotées : Adénine (A), Cytosine (C), Guanine (G) et Thymine (T). Dans l'ARN, la Thymine est remplacée par l'Uracile (U).

Bioaccumulation : Accumulation graduelle d'une substance organique dans le sol, dans l'environnement ou encore dans un organisme.

Biodégradable : Susceptible de dégradation par l'action de micro-organismes ou d'enzymes.

Biodiversité : Nombre et type d'espèces que l'on trouve dans une région ou dans un milieu particulier. Deux autres dimensions peuvent s'ajouter à la diversité des espèces : la diversité génétique et la diversité des écosystèmes (habitats et processus écologiques).

Biolistique : Méthode utilisée en transgénèse, consistant à propulser des particules métalliques enduites d'ADN dans une cellule, en vue de transférer cet ADN à la cellule.

Bioréacteur : Un appareil mécanique dans lequel des cellules capables de produire des protéines sont cultivées. Par extension, organisme vivant qui est utilisé pour synthétiser des substances chimiques, le plus souvent d'intérêt pharmaceutique ou industriel.

Biotechnologie : Ensemble de techniques utilisées pour la manipulation des organismes vivants, des systèmes biologiques ou des procédés biologiques dans le but, entre autres, de développer ou de modifier des produits (par exemple, des antibiotiques) ou des processus (par exemple, le recyclage des déchets).

Cancérogénicité : Capacité d'une substance à causer le cancer.

Cellule : La plus petite unité de structure d'un organisme vivant capable de croître et de se reproduire indépendamment. Une cellule est constituée : (1) d'un milieu interne (cytoplasme) qui est entourée d'une membrane et contient différentes structures (mitochondries, appareil de Golgi, réticulum endoplasmique, chloroplastes), et (2) d'un noyau possédant sa propre membrane et à l'intérieur duquel se trouvent les chromosomes. Le corps humain contient des milliards de cellules.

Chromosome : Structure en forme de bâtonnet, située dans le noyau de toute cellule vivante et servant de support aux caractères génétiques propres à la cellule. Chaque chromosome est composé d'une seule molécule d'ADN enroulée autour de plusieurs protéines. Chez un grand nombre d'espèces les chromosomes viennent par paires. Le nombre de chromosomes varie en fonction des espèces. L'être humain possède 23 paires de chromosomes.

Clonage : En transgénèse, le clonage est une des procédures de multiplication des fragments d'ADN (par exemple un plasmide). Le clonage se fait souvent par l'intermédiaire de la reproduction d'une bactérie comme *E. coli*.

Code génétique : Système de relations de correspondance qui existe entre les bases azotées de l'ADN et l'ensemble des 20 acides aminés entrant dans la composition des protéines. Par exemple, la séquence "ACC GCA AGC ATG AAT TTT TAC CTT" donne la séquence d'acides aminés *Tryptophane Arginine Sérine Tyrosine Leucine Lysine Méthionine Glutamate*.

Construction génétique : L'ensemble des gènes transférées dans une cellule hôte (réceptrice) lors de la transgénèse. La construction génétique est formée par des fragments d'ADN d'origines différentes, à l'aide des techniques de recombinaison de l'ADN (voir ADN recombinant).

Cultivar (*cultivated variety*) : Type particulier de plantes cultivées dont les caractéristiques ne sont généralement pas transmises d'une génération à l'autre par la semence. Le cultivar est le résultat d'une sélection, d'une hybridation ou d'une mutation spontanée.

Cytoplasme : Milieu interne de la cellule, excluant le noyau. Le cytoplasme est délimité par la membrane cellulaire et contient différentes structures accomplissant une ou plusieurs fonctions déterminées (voir cellule).

Effets pléiotropiques : Ensemble des changements du phénotype d'un organisme qui surviennent après un seul changement génétique. Ces changements sont difficiles à prévoir et ne se produisent pas nécessairement dans l'immédiat.

Électroporation : Procédé utilisé en transgénèse et consistant à transmettre des impulsions électriques extrêmement brèves et intenses qui provoquent l'ouverture réversible des membranes cellulaires, en vue de faciliter la pénétration de l'ADN.

Enzymes : Groupe de protéines ayant comme propriété commune d'accélérer la vitesse des réactions chimiques dans un organisme vivant. Chaque enzyme accélère une ou plusieurs réactions chimiques bien particulières. Par exemple, l'enzyme ARN polymérase II accélère une réaction chimique qui a lieu lors de la transcription de l'ADN en ARN messager (voir promoteur).

Enzymes de restriction (*restriction endonucleases*) : Groupes d'enzymes d'origine bactérienne capables de découper une molécule d'ADN à des endroits très spécifiques d'une séquence de nucléotides, rendant ainsi possible l'insertion ou l'extraction de gènes. Par exemple, l'enzyme EcoRI de la bactérie *E. Coli* coupe l'ADN entre les nucléotides G et A de la séquence GAA TTC.

Épitope : Région d'une protéine responsable de la réaction allergique.

Équivalence substantielle : Concept développé pour l'évaluation de la sécurité des aliments nouveaux, en particulier les aliments génétiquement modifiés. Un aliment génétiquement modifié est jugé *substantiellement équivalent* à un aliment conventionnel non modifié réputé sécuritaire, s'il possède toutes les caractéristiques nutritionnelles de l'aliment non modifié, à l'exception de la ou des nouvelles protéines qu'il contient (voir encadré de la section 4.1).

***Escherichia coli* (E. coli)** : Bactérie présente dans l'intestin d'animaux et des humains couramment utilisée en transgénèse (voir clonage). Certaines souches peuvent être la cause de maladies, mais la majorité sont inoffensives.

Essai (au champ) en conditions confinées : Culture expérimentale d'une nouvelle variété de plante se déroulant à découvert, mais assujettie à des restrictions quant à l'emplacement et la taille de l'espace cultivé (champ).

Espèce : Catégorie de base des classifications biologiques. Les espèces sont des regroupements d'organismes très proches ou similaires. En règle générale, ce que l'on appelle *la barrière des espèces* fait en sorte que les membres de deux espèces différentes n'ont pas la capacité de s'accoupler (*interbreeding*) ou encore de produire des individus féconds. Les principales catégories des classifications biologiques sont par ordre d'inclusion : le règne, le phylum, la classe, l'ordre, la famille, le genre, l'espèce et la sous-espèce. Par exemple, l'être humain moderne appartient au règne animal, au phylum des cordés, à la classe des mammifères, à l'ordre des primates, à la famille des hominidés, au genre *Homo*, à l'espèce *sapiens* et à la sous-espèce *sapiens*.

Facteurs antinutritionnels : Substances secondaires produites par le métabolisme des plantes qui semblent exercer des effets délétères, au fil du temps, chez les animaux et les humains qui en mangent.

Flux génique : Migration de gènes d'une population à une autre.

Gène : Une séquence de nucléotides (brin d'ADN) située sur un chromosome particulier et qui contient les informations nécessaires à la production d'une protéine ou d'une portion de protéine (polypeptide).

Gène marqueur de sélection : Partie de la construction génétique qui permet, lors de la transgénèse, d'éliminer les cellules qui ne contiennent pas le gène d'intérêt. Traditionnellement, le gène marqueur de sélection code pour une résistance à un antibiotique.

Génie génétique : Partie de la biotechnologie qui comprend toutes les techniques et stratégies permettant d'intervenir sur le génome. La transgénèse est un des volets importants du génie génétique.

Génome : La séquence complète de l'ADN de tous les chromosomes d'un organisme; profil génétique complet de l'organisme en question.

Génomique : Description et analyse des différents génomes des organismes vivants.

Génotype : Patrimoine génétique d'un individu ou d'un groupe (voir aussi phénotype).

Glyphosate : Ingrédient actif présent dans certains herbicides et affectant la majorité des mauvaises herbes annuelles et vivaces.

Glycolysation : Modification permanente d'une protéine après sa synthèse par l'ajout d'un sucre (formation d'une glycoprotéine).

Homologation : Approbation juridique, administrative.

Hybride : Individu provenant du croisement de variétés ou d'espèces différentes.

Immunoglobulines : Protéines qui ont une activité anticorps et qui jouent un rôle essentiel dans la défense de l'organisme contre les agressions. Les **Immunoglobulines E (IgE)** provoquent des symptômes cliniques d'allergie en poussant certaines cellules du corps à libérer des substances toxiques qui provoquent une réaction allergique immédiate. Les IgE interviennent dans le mécanisme d'allergie alimentaire le plus étudié (hypersensibilité de type I).

In vitro : Se déroulant hors du corps vivant, dans une éprouvette ou à l'intérieur d'un appareil de laboratoire.

In vivo : Se déroulant dans le corps vivant, à l'intérieur d'un organisme vivant.

Lécithine : Lipide qui se retrouve dans certains aliments, notamment dans la fève de soya. Elle entre parfois dans la fabrication de confiseries.

Lépidoptères : Ordre d'insectes communément appelés *papillons*.

Marqueurs : voir gène marqueur de sélection.

Microinjection : Méthode de transfert d'ADN dans une cellule à l'aide d'une aiguille très fine (à l'échelle du micron). Utilisée en transgénèse animale.

Noyau : Structure, à l'intérieur de la cellule, qui est entourée d'une membrane et qui contient les chromosomes.

Nucléotide(s) : Élément de base entrant dans la composition de l'ADN ou de l'ARN. Chaque nucléotide est composée d'un sucre (désoxyribose pour l'ADN et ribose pour l'ARN), d'un groupe phosphate et d'une base azotée. L'identité particulière d'un nucléotide est donnée par la base azotée qu'il contient (voir base(s) azotée(s)).

OGM : Organisme génétiquement modifié. Dans le présent contexte, se dit d'un organisme dans le génome duquel un ou plusieurs fragments d'ADN étrangers ont été introduits.

Pesticide : Substance chimique utilisée pour tuer les ravageurs d'origine animale (insectes, nématodes, rats), d'origine végétale (les mauvaises herbes) et d'origine bactérienne, virale ou fongique (les champignons). Les pesticides regroupent donc les herbicides, les insecticides, les fongicides, les raticides, etc.

Phénotype : L'ensemble des caractéristiques observables résultant de l'interaction entre le développement génétique d'un organisme et l'environnement (voir aussi génotype).

Pistolet à gènes (*gene gun*) : Dispositif d'injection de molécules d'ADN dans des cellules vivantes (voir biolistique).

Plasmides : Petite portion circulaire d'ADN que l'on retrouve chez les bactéries. Une bactérie peut contenir plusieurs plasmides différents et posséder une ou plusieurs copies du même plasmide. Les plasmides se multiplient de manière autonome dans les bactéries. Les plasmides sont le principal véhicule d'insertion d'informations génétiques nouvelles dans les microorganismes ou les végétaux; on utilise cette propriété en transgénèse végétale.

Pollinisation : Chez les plantes à graines, transport du pollen depuis les étamines (organes sexuels mâles) jusqu'aux stigmates (organes sexuels femelles), avec fertilisation et production de semences.

Polypeptide : Longue chaîne d'acides aminés formant une protéine ou une partie d'une protéine.

Principe de précaution : Principe de réglementation invoqué lorsque les connaissances scientifiques des risques pour l'environnement et la santé d'un projet ou les incidences d'une quelconque technologie sont insuffisants pour évaluer ces risques.

Promoteur : Séquence de nucléotides adjacente au gène, qui a pour fonction d'enclencher le processus de transcription du gène. Tous les gènes ont un promoteur. En transgénèse végétale, le promoteur naturel d'un gène est parfois remplacé par un promoteur étranger capable d'accroître le niveau d'expression du gène.

Protéine : Molécule constituée d'une ou de plusieurs chaînes d'acides aminés (polypeptides). Il existe plusieurs sortes de protéines et elles exécutent une variété de fonctions essentielles à la croissance d'une cellule. Les protéines sont essentielles à la structure et au fonctionnement des tissus et des organes. Chaque protéine a une fonction qui lui est propre.

Protéome : L'ensemble de protéines produites par les organismes d'une espèce donnée, dans tous leurs tissus et durant les différents stades de leur cycle de vie.

Protéomique : Domaine de recherche qui a pour objet l'identification et la caractérisation de toutes les protéines présentes dans un organisme vivant.

Protozoaires : Organismes vivants constitués d'une seule cellule et classés traditionnellement dans le règne animal (par exemple, les amibes).

Qualités organoleptiques : Caractéristiques des aliments qui font directement impression sur les organes des sens : couleur, texture, goût et odeur.

Resemis : Plantes de culture qui persistent pendant quelques saisons sans que des travaux ne soient entrepris dans ce but (voir adventice).

Rhizosphère : Micro-environnement des racines d'une plante, c'est-à-dire la partie du sol qui est en contact immédiat avec les racines. La rhizosphère est riche en composés organiques et constitue un milieu favorable au développement d'une population microbienne abondante (bactéries, protozoaires, champignons).

Ribosome : Structure moléculaire située dans le cytoplasme, où a lieu la synthèse des protéines. Le ribosome constitue la tête de lecture de l'information génétique transcrite par l'ARN messager. C'est dans le ribosome que sont enchaînées les séquences d'acides aminés qui constituent la protéine.

Séquence d'ADN : Suite de nucléotides que l'on retrouve dans un fragment quelconque d'ADN, dans un gène.

Totipotence : Capacité que possèdent certaines cellules à régénérer un organisme entier en se multipliant.

Traduction : Processus par lequel l'information sur une molécule d'ARN messager est employée pour diriger la synthèse d'une protéine.

Transcription : Synthèse d'un brin d'ARN (acide ribonucléique) à partir d'ADN.

Transgène : Gène étranger, modifié ou fabriqué, introduit dans le génome d'un organisme.

Transgénèse : Ajout d'un ou plusieurs gènes étranger(s) (transgène) au génome d'un organisme, de façon à provoquer une ou des modifications dans les caractéristiques de cet organisme.

Vecteur de clonage : Bactérie utilisée pour effectuer la multiplication d'un fragment d'ADN (voir clonage).

Vecteur de transfert : Bactérie (plasmide) ou bactériophage employés pour introduire la construction génétique à l'intérieur d'une cellule.

Virus : Agent infectieux microscopique qui ne peut se reproduire qu'en parasitant une cellule, c'est-à-dire en utilisant les mécanismes de transcription et de traduction de l'ADN de cette cellule.

Bibliographie

- ADVISORY COMMITTEE ON NOVEL FOODS AND PROCESS, *Annual Report 1999*, Londres, Food Standards Act, 77 p., (www.fsa.uk/committees/acnfp).
- ADVISORY COMMITTEE ON NOVEL FOODS AND PROCESS,, *Annual Report 2000*, Londres, Food Standards Act, 79 p., (www.fsa.uk/committees/acnfp).
- ADVISORY COMMITTEE ON NOVEL FOODS AND PROCESS,, *Food Standards Act 1999*, Chapter c.28, Londres, 1999, (www.fsa.uk).
- AGENCE CANADIENNE D'INSPECTION DES ALIMENTS, Directive d'homologation Dir (94-08) : *Critères d'évaluation du risque environnemental associé aux végétaux à caractères nouveaux*, Ottawa, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 16 décembre 1994.
- AGENCE CANADIENNE D'INSPECTION DES ALIMENTS, *Exigences phytosanitaire : Permis d'importation de végétaux à caractères nouveaux (y compris les végétaux transgéniques) et leurs produits*, Directive D-96-13, entrée en vigueur le 27 juillet 1998, Ottawa, (<http://inspection.gc.ca/francais/plaveg/protect/dir/d-96-13f.shtml>).
- AGENCE CANADIENNE D'INSPECTION DES ALIMENTS, *Rapport annuel 1999-2000*, Ottawa, 2000, (www.inspection.gc.ca/francais/corpaffr/ar/ar00/3f.shtml).
- AGENCE CANADIENNE D'INSPECTION DES ALIMENTS, *Rapport annuel 2000-2001*, Ottawa, 2001, (www.inspection.gc.ca/francais/corpaffr/ar/ar01/3f.shtml).
- AGENCE CANADIENNE D'INSPECTION DES ALIMENTS, *Réglementation de la biotechnologie au Canada*, Ottawa, Bureau de la Biotechnologie, s.d., (www.inspection.gc.ca/francais/ppc/biotech/biotechf.shtml).
- AGENCE FRANÇAISE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DES ALIMENTS, *Évaluation du risque dans les pays européens, Fiches de présentation des organismes nationaux*, Paris, décembre 2000, 54 p., (www.afssa.fr).
- AGENCE FRANÇAISE DE SÉCURITÉ SANITAIRE DES ALIMENTS, *Rapport, Groupe de travail alimentation animale et sécurité sanitaire des aliments*, (sous la présidence de Dominique Dormont), Paris, 29 juillet 2000, 177 p., (www.afssa.fr).
- AGRICULTURE AND ENVIRONMENT BIOTECHNOLOGY COMMISSION, *Crops on Trial, A Report by the AEBC*, Londres, 10 septembre 2001, 110 p.
- AGRICULTURE AND ENVIRONMENT BIOTECHNOLOGY COMMISSION, *Background Paper : The Legal Framework for Decision Making on the Release and Marketing of GMOs in the EU*, Londres, AEBC 00/5, 5 p.

- AGRICULTURE ET AGROALIMENTAIRE CANADA, *Rapport sur le rendement du ministère 2000-2001, Résultats stratégiques pour les Canadiens*, Ottawa, 2001, 30 p., (www.agr.gc.ca).
- AHEARN, Mary et coll., *Agricultural Productivity in the United States, Economic Research Service, USDA, Agricultural Economic Report n° 740*, Washington D.C., janvier 1998, 21 p.
- ALL EUROPEAN ACADEMIES, *Science, Society and Culture. Response to the proposal for the Framework Programme 2002-2006 of the European Community*, Amsterdam, 7 juin 2001, 23 p., (www.allea.org).
- AMERICAN ACADEMY OF ALLERGY, ASTHMA & IMMUNOLOGY INC., *The Allergy Report*, 122 p., (www.aaaai.org).
- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE, AAAS *Science and Technology Policy Yearbook 2001*, Washington D.C., 2001, 215 p., (www.aaas.org/spp/dspp/yrbk01.htm).
- AMERICAN MEDICAL ASSOCIATION, *Genetically Modified Crops and Foods*, CSA Report 10, décembre 2000, 20 p.
- AMMANN, Klaus et coll., *Methods for Risk Assessment of Transgenic Plants III. Ecological Risks and Prospect of Transgenic Plants, Where Do We Go from There? A Dialogue Between Biotech Industry and Science*, Boston-Berlin-Basel, Birkhauser Verlag, 1999, 260 p.
- ANDERSEN, Ida-Elisabeth and Birgit JÆGER, « Scenario Workshops and Consensus Conferences : Towards More Democratic Decision-Making », *Science and Public Policy*, vol. 26, n° 5, octobre 1999.
- ANDERSON, Pinstrip et Marc J. COHEN, « Les biotechnologies au secours du Sud? », *Biofutur*, 200, mai 2000, p. 48-53.
- AUBERT, Marie-Hélène (Députée), *La dissémination volontaire des OGM dans l'environnement, Rapport d'information déposé par la Délégation de l'Assemblée Nationale pour l'Union européenne*, Paris, Assemblée Nationale, 6 juillet 2000, n° 2538, 171 p.
- BALLENGER, Nicole et coll., « Biotechnology : Implications for the U.S. Corn and Soybean Trade », *Agricultural Outlook*, avril 2000, p.24-28.
- BARHAM, Bradford L. et coll. « The Adoption of rBST on Wisconsin Dairy Farms », *AgBioForum*, vol. 3, n° 2-3, 2000, p. 181-187.
- BARRETT, Katherine et Elisabeth ABERGEL, « Breeding Familiarity : Environmental Risk Assessment for Genetically Engineered Crops in Canada », *Science and Public Policy*, février 2000, p. 2-12.
- BARTON, John H. (dir.), « Patenting Agriculture », *Issues*, vol. XVII, n° 4, été 2001, p. 43-50, (www.nap.edu/issues/17.4/p_barton.htm).

- BAYLE, Nadine et coll., « La peur des OGM et les intérêts des industriels », *L'Usine nouvelle*, n° 2689, 27 mai 1999.
- BEAUCHAMP, André, *Gérer le risque, vaincre la peur*, Montréal, Bellarmin, 1996
- BEAUCHAMP, André, *Introduction à l'éthique de l'environnement*, Montréal, Éditions Paulines et Médiaspaul, 1993.
- BEAUCHAMP, André, *Le principe de précaution : un titre à la hausse*, Colloque sur la gestion des risques chimiques, St-Hyacinthe, 7 novembre 2001, 8 p.
- BELSON, Neil A., « US Regulation of Agricultural Biotechnology : An Overview », *AgBioForum*, vol. 3, n° 4, 2000, p.268-280.
- BENBROCK, Charles M., *An Appraisal of EPA's Assessment of the Benefits of Bt Crops*, The Union of Concerned Scientists, Cambridge (USA), 17 octobre 2000, 26 p., (www.ucsusa.org).
- BENBROCK, Charles M., *Troubled Times Amid Commercial Success for Roundup Ready Soybeans. Glyphosate Efficacy Is Slipping and Unstable Transgene Expression Erodes Plant Defenses and Yields*, AgBioTech InfoNet Technical Paper, n° 4, Sandpoint (Idaho), 3 mai 2001, 69 p.
- BENBROCK, Charles M., *Evidence of the Magnitude and Consequences of the Roundup Ready Soybean Yield Drag from University-Based Varietal Trials in 1998*, AgBioTech InfoNet Technical Paper, n° 1, Sandpoint (Idaho), 13 juillet 1999, 3 mai 2001, 18 p.
- BENKIMOUN, Paul, *Démocratie et sécurité alimentaire : la peur aux ventres*, Paris, Éditions Textuel, Collection La Discorde, 2000.
- BERENBAUM, May R., « Interpreting the Scientific Literature. Differences in the Scientific and Lay Communities », *Plant Physiology*, vol. 125, février 2001, p. 509-512.
- BÉRENGER, Emmanuelle, « Les AGM : un nouveau risque pour les forêts », *Biofutur*, 199, avril 2000, p. 19-21.
- BERGON, M. et coll., *Ecology : Individuals, Populations and Communities*, Blackwell Science (2^e édition), 1990.
- BERTOLA, Franck et coll., « Potential Dissemination of Antibiotic Resistance Genes From Transgenic Plants to Microorganisms », *Infection Control and Hospital Epidemiology*, 21, 6, 2000, p. 390-393.
- BIOQUÉBEC, *Répertoire québécois des bio-industries et des sciences de la vie*, 2001, Montréal, 2001.
- BIZET, Jean, *Transgéniques : pour des choix responsables*, Rapport d'information 440 (97-98), Paris, Commission des affaires économiques du Sénat, 1998, 118 p., (www.senat.fr/rap/r97-440/r97-440_mono.html).

- BLAIR, W.-H. et coll., *Food, a Growth Industry : The Report of the Food Regulation Review*, Canberra, AGPS, 1998.
- BLANCHET, Jacques et Germana FOSCALE-BAUDIN, *Genetically Modified Food : Objectives for EU Funded Research and Development*, European Parliament, Directorate General for Research, Directorate A The STOA Programme, Mr. Dick Holdsworth (dir.), 1999, INRA /Institut national de la Recherche Agronomique, Grignon (France), [Workplan Ref. : EP/IV/B/STOA/99/05/01; PE number : PE 168.441/Fin.St.].
- BONNEUIL, Christophe, « La biologie dans l'ère du soupçon », *Biofutur*, 200, mai 2000, p. 20-24.
- BORLAUG, Norman E., « Ending World Hunger. The Promise of Biotechnology and the Threat of Antiscience Zealotry », *Plant Physiology*, octobre 2000, vol. 124, p. 487-490.
- BOURGET, Denis et Josette CHAUFaux, « Bt : les insectes font de la résistance », *Biofutur*, 201, juin 2001, p. 42-45.
- BOY, Daniel, *Biotechnologies et OGM en Europe : les résultats de l'Eurobaromètre 2000*, (www.cnrs.fr/pres/compress/ogm/ogmevolution.htm).
- BREDAHL, Maury E., « Biotechnology : Can We Trade It? », *The Estey Centre Journal of International Law and Trade Policy*, vol. 2, n° 1, 2001, p. 75-92.
- BRENNAN, Margaret F. et coll., « Impact of Industry Concentration on Innovation in the U.S. Plant Biotech Industry », dans William H. Lesser (dir.), *Transitions in Agbiotech : Economics of Strategy and Policy*, Proceedings of NE-165 Conference, Washington D.C., 24-25 juin 1999, p. 153-174.
- BROWN, Kathryn, « Seeds of Concern », *Scientific American*, avril 2001, vol. 284, n° 4, p. 52-57.
- BROWN, S. L. et coll., « Transgenic Crops in Natural Habitats », *Nature*, vol. 409, 8 février 2001, p. 682-683.
- BRUNELLE, France, *Les essais aux champs de cultures transgéniques en conditions confinés au Québec. De 1988 à 2000*, MAPAQ, 26 mars 2001, 31 p.
- BRUNELLE, France et Daniel CHEZ, *Les OGM, un tour d'horizon sur ...*, MAPAQ, juillet 2000, 25 p., (www.agr.gouv.qc.ca/info/ogm/ogm_tour.htm).
- BUCHANAN, Bob B., « Genetic Engineering and the Allergy Issue », *Plant Physiology*, mai 2001, vol. 126, p. 5-7.
- BULLOCK, David S. et coll., *The Economic of Non-GMO Segregation and Identity Preservation*, Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois, Urbana (IL), 21 octobre 2000, 30 p., (www.uiuc.edu).

- BURRILL, G. Steven, *Biotech 2001*, San Francisco, Burrill & Company, 2001.
- BUSQUIN, Philippe, *EC Sponsored Research on Safety on Genetically Modified Organisms*, A Review of Result, Bruxelles, 4 p., (<http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/index.html>).
- CALLON, Michel et coll., *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*, Paris, Seuil, 2001.
- CAMBROSIO, Alberto et coll., « Expertise as a Network : A Case Study of the Controversies over the Environmental Release of Genetically Engineered Organisms », dans Nico Stehr et Richard V. Ericson (dir.), *The Culture and Power of Knowledge : Inquiries into Contemporary Societies*, Berlin & New York, Walter de Gruyter, 1992, p. 341-362.
- CANOLA COUNCIL OF CANADA, *An Agronomic and Economic Assessment of Transgenic Canola*, Winnipeg, janvier 2001, 55 p., (www.canola-council.org).
- CANTO-SPERBER, Monique, *L'inquiétude morale et la vie humaine*, Paris, PUF, 2001.
- CAREW, Richard, « Institutional Arrangements and Public Agricultural Research in Canada », *Review of Agricultural Economics*, 2001, vol. 23, n° 1, p. 82-101.
- CARPENTER, Janet E., *Case Studies in Benefits and Risks of Agricultural Biotechnology : Roundup Ready Soybeans and Bt Field Corn*, Washington D.C., National Center for Food and Agricultural Policy, janvier 2001, 54 p., (www.ncfap.org).
- CARPENTER, Janet E. et Leonard P. GIANESSI, *Agricultural Biotechnology : Updated Benefit Estimates*, Washington D.C., National Center for Food and Agricultural Policy, janvier 2001, 46 p., (www.ncfap.org).
- CARPENTER, Janet E. et Leonard P. GIANESSI, « Herbicide Tolerant Soybeans : Why Growers Are Adopting Roundup Ready Varieties », *AgBioForum*, vol. 2, n° 2, 1999, p. 65-72, (www.agbioforum.org/vol2no2/carpenter.html).
- CASSE, Francine et coll., *La Commission du Génie Biomoléculaire*, Paris, CNRS, (www.cnrs.fr/SDV/casse2.htm).
- CASSE, Francine, « Le maïs et la résistance aux antibiotiques », *La Recherche*, 327, janvier 2000, p. 35-39.
- CASSIER, Maurice et Jean-Paul GAUDILLIÈRE, « Le génome : bien privé ou bien commun? », *Biofutur*, 204, octobre 2000, p. 26-31.
- CASWELL, Julie A., « Labeling Policy for GMOs : To Each His Own? », *AgBioForum*, vol. 3, n° 1, 2000, p. 53-57, (www.agbioforum.missouri.edu).

- CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION, *Environmental Health, Investigation of Human Health Effects Associated with Potential Exposure to Genetically Modified Corn, Safer, Healthier, People*. A Report to the U.S. Food and Drug Administration from the Centers of Disease Control and Prevention (EPA), Washington D.C., 11 juin 2001.
- CENTRE TECHNIQUE INTERPROFESSIONNEL DES OLÉAGINEUX MÉTRO-POLITAINS, *Introduction de variétés génétiquement modifiées de colza tolérantes à différents herbicides dans le système de l'agriculture française : Évaluation des impacts agro-environnementaux et élaboration de scénarios de gestion, Résumé du rapport OGM 2000 réalisé dans le cadre du dossier Moratoire, version 4.2*, Grigon (France), 22 novembre 2000, 28 p.
- CHAITOO, Ramesh et Michael HART, *Étiquetage des produits génétiquement modifiés : Considérations d'ordre stratégique liées à la politique commerciale du Canada*, Ottawa, Comité de direction du projet sur la réglementation des aliments génétiquement modifiés du CCCB, novembre 2000, 51 p.
- CHAPIN III, F. Stuart et coll., « Consequences of Changing Biodiversity », *Nature*, 403, 11 mai 2000, p. 234-242.
- CHASSY, Bruce M. (dir.), *Evaluation of the U.S. Regulatory Process for Crops Developed Through Biotechnology*, Washington D.C., Council for Agricultural Science and Technology (CAST), octobre 2001, 14 p., [Issue Paper n° 19].
- CHEN, Zhangliang et coll., « Prospects for and Safety Issues with Transgenic Food », *6th International Symposium on Biosafety of GMOs*, Saskatoon, University Extension Press, juillet 2000, (<http://www.ag.usask.ca/isbr/Symposium/Proceeding/Section2.html>).
- CHESSON, Andrew et Philip JAMES, « Les aliments avec OGM sont-ils sans danger? », *La Recherche*, n° 327, janvier 2000.
- CHEVASSUS-AU-LOUIS, Bernard, *Prevention, Precaution, Consumer Involvement : Which Model for Food Safety, in the Future?*, OECD Conference on the Scientific and Health Aspects of genetically Modified Foods, Edinburgh, 28 février 2000, 17 p.
- CHEVASSUS-AU-LOUIS, Nicolas, « Comment faire pénétrer un ADN dans un noyau », *Le technoscope de Biofutur*, mai 2000, p. 4-5.
- CHEVASSUS-AU-LOUIS, Nicolas, « Garantir le sans-OGM, une belle illusion? », *L'Usine nouvelle*, hors série, décembre 2000.
- CHEVASSUS-AU-LOUIS, Nicolas, « L'ADN recombiné, une "œuvre d'art scientifique" », *Le technoscope de Biofutur*, mai 2000, p. 3-4.
- CHEZ, Daniel et coll., *Impact des OGM sur l'utilisation des pesticides en Amérique du Nord*, MAPAQ, Présentation, 2001, 27 p.

- CHOUDHARY, Bhagirath, « Development of Transgenic Bt Cotton Technology in India and China : A Policy Perspective », *Science and Public Policy*, juin 2001, p. 219-229.
- CHRISPEELS, Maarten J., « Biotechnology and the Poor », *Plant Physiology*, septembre 2000, vol. 124, p. 3-6.
- CHUPEAU, Yves, *Plantes transgéniques. Un nouvel éclairage sur les flux géniques entre espèces végétales*, Paris, CNRS, s.d., 4 p., (www.cnrs.fr/SDV/chupeau.html).
- CODEX ALIMENTARIUS, *Rapport de la Première Session du Groupe spécial intergouvernemental du Codex sur les aliments dérivés des biotechnologies*, Chiba (Japon), 14-17 mars 2000, (X7103/F), 30 p.
- CODEX ALIMENTARIUS, *Rapport de la Seconde Session du Groupe spécial intergouvernemental du Codex sur les aliments dérivés des biotechnologies*, Chiba (Japon), 25-29 mars 2001, (Y0412/F), 59 p.
- CODEX ALIMENTARIUS, *Proposed Draft Guideline for the Conduct of Safety Assessment of Foods Derived from Modified Plants*, Genève, 14 septembre 2000, (www.codexalimentarius.net).
- COMITÉ CONSULTATIF CANADIEN DE LA BIOTECHNOLOGIE, *Améliorer la réglementation des aliments génétiquement modifiés et des autres aliments nouveaux au Canada*, Rapport provisoire adressé au Comité de coordination ministérielle de la biotechnologie, Ottawa, août 2001, 77 p., (<http://cbac.gc.ca>).
- COMITÉ CONSULTATIF CANADIEN DE LA BIOTECHNOLOGIE, *La biotechnologie et la propriété intellectuelle : La brevetabilité des formes de vie supérieures et enjeux connexes*, Rapport provisoire adressé au Comité de coordination ministérielle de la biotechnologie, gouvernement du Canada, Ottawa, novembre 2001, 43 p., (www.cbac-cccb.ca).
- COMITÉ CONSULTATIF CANADIEN DE LA BIOTECHNOLOGIE, *Réglementation des aliments génétiquement modifiés*, Document de consultation 2001, Ottawa, mars 2001, 33 p.
- COMITÉ CONSULTATIF CANADIEN DE LA BIOTECHNOLOGIE, *Rapport sommaire des consultations, Ateliers sur les aliments génétiquement modifiés*, Ottawa, avril 2001, 79 p.
- COMMISSARIAT GÉNÉRAL DU PLAN, *OGM et agriculture : options pour l'action publique*, Rapport du groupe présidé par Bernard Chevassus-au-Louis, Paris, La Documentation française, septembre 2001, 393 p.
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, *Communication de la Commission sur le recours au principe de précaution*, Bruxelles, 2001, COM(2001)1 final, 30 p.
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, *Directive 90/219/CEE du Conseil du 23 avril 1990 relative à l'utilisation confinée de micro-organismes génétiquement modifiés*, Bruxelles, 23 avril 1990, (http://europa.eu.int/eur-lex/fr/lif/dat/1990/fr_390L0219.html).

- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, *Directive 90/220/CEE du Conseil du 23 avril 1990 relative à la dissémination volontaire d'organismes génétiquement modifiés dans l'environnement*, Bruxelles, 23 avril 1990, (http://europa.eu.int/eur-lex/fr/lif/dat/1990/fr_390L0220.html).
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, *La Commission améliore la réglementation relative à l'étiquetage et au traçage des OGM en Europe afin de favoriser la liberté de choix et de garantir la sécurité environnementale*, Bruxelles, 25 juillet 2001, 7 p., [IP/01/1095].
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, *Les OGM dans l'UE : les faits*, Bruxelles, 13 juillet 2000, 19 p., [MEMO/00/43].
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, *Livre blanc sur la sécurité alimentaire*, Bruxelles, 12 janvier 2000, 61 p., [COM(1999)719 FINAL].
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, *Proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil concernant la traçabilité et l'étiquetage des organismes génétiquement modifiés et la traçabilité des produits destinés à l'alimentation humaine ou animale produits à partir d'organismes génétiquement modifiés et modifiant la directive 2001/18/CE*, Bruxelles, 25 juillet 2001, 28 p., [COM(2001) 182 final 2001/0180 (COD)].
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, *Proposition de règlement du Parlement européen et du Conseil concernant les denrées alimentaires et les aliments pour animaux génétiquement modifiés*, Bruxelles, 25 juillet 2001, 64 p., [COM(2001) 425 final 2001/0173 (COD)].
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, *Proposition du Parlement européen et du Conseil établissant les principes généraux et les prescriptions générales de la législation alimentaire instituant l'Autorité alimentaire européenne et fixant des procédures relatives à la sécurité des denrées alimentaires*, Bruxelles, 8 novembre 2000, 97 p., [VCOM(2000) 716 final 2000/0286 (COD)].
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, *Questions and Answers on the Regulation of GMOs in the EU*, Bruxelles, 24 juillet 2001, 13 p., [MEMO/00/277].
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, *Règlement (CE) n° 258/97 du Parlement européen et du Conseil du 27 janvier 1997 relatif aux nouveaux aliments et aux nouveaux ingrédients alimentaires*, Bruxelles, 27 janvier 1997, (http://europa.eu.int/eur-lex/fr/lif/dat/1997/fr_397R0258.html).
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, *Risk Assessment in a Rapidly Evolving Field : The Case of Genetically Modified Plants (GMP)*, Scientific Opinion of the Scientific Steering Committee, Bruxelles, 26/27 octobre 2000, 17 p., [F : \WebDev\4831.doc].

- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, *Vers une vision stratégique des sciences du vivant et de la biotechnologie*, Document de consultation, Bruxelles, 4 septembre 2001, 37 p., [COM/2001 454 final], (www.europa.eu.int/comm/biotechnology/introduction_fr.html).
- COMMISSION DES COMMUNAUTÉS EUROPÉENNES, *Economic Impacts of Genetically Modified Crops on the Agri-Food Sector. A First Review*, Directeurat-Général de l'Agriculture, Working Document Rev. 2., Bruxelles, 2001, 113 p.
- COMMISSION DU GÉNIE BIOMOLÉCULAIRE, *Rapport d'activité 1999*, Paris, 2000, 56 p.
- COMMISSION EUROPÉENNE, *Rapport général des activités 1998-2000*, Groupe européen d'éthique des sciences et nouvelles technologies, Bruxelles, 2001.
- CONFÉDÉRATION FRANÇAISE DES SEMENCIERS, GROUPEMENT NATIONAL INTERPROFESSIONNEL DES SEMENCES ET PLANTS, UNION DES INDUSTRIES DE LA PROTECTION DES PLANTES, *Les plantes génétiquement modifiées. Une clef pour l'avenir*, Livre blanc, Paris, octobre 1997, 47 p., (<http://www.ogm.org>).
- CONSEIL DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE, *La situation des biotechnologies au Québec en 1991*, Québec, 1992, 97 p.
- CONSEIL DE RECHERCHES AGROALIMENTAIRES DU CANADA, *Capacité de recherche et de transfert technologique dans l'agroalimentaire au Canada*, Ottawa, s.d., 12 p., (www.carc-crac.ca/french/publications_docsf/weaf.htm).
- CONSEIL DE RECHERCHES AGROALIMENTAIRES DU CANADA, *Stratégie canadienne sur la biotechnologie*, Ottawa, s.d., 12 p., (www.carc-crac.ca/french/strategie_cdn_biotechnologie/cbsfr.htm).
- CONSEIL DE RECHERCHES AGROALIMENTAIRES DU CANADA, *La génomique en agriculture*, Ottawa, 10 novembre 1999, 8 p., (www.carc-crac.ca/french/publications_docsf/genomics-fr.htm).
- CONSEIL DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC, *Un nouvel outil pour l'agriculteur*, Colloque sur les plantes transgéniques tenu le 13 janvier 1999 à Saint-Hyacinthe, Sainte-Foy, 1999, 72 p.
- CONSEIL NATIONAL DE L'ALIMENTATION, *Avis sur la traçabilité des denrées alimentaires*, Paris, 28 juin 2001, 43 p.
- COUNCIL OF EUROPE, *International Conference of the Council of Europe on Ethical Issues Arising from the Application of Biotechnology (Proceedings)*, 1999, Oviedo (Espagne), 16-19 mai 1999.
- CRAWLEY, M.J. et coll., « Transgenic Crops in Natural Habitat », *Nature*, 409, 8 février 2001, p. 682-3.

- CUNNINGHAM, Carrie J. et Laurian J. UNNEVEHR, « Market Segmentation for Genetically Modified Corn and Soybean Exports », dans William H. Lesser (ed.), *Transitions in Agbiotech : Economics of Strategy and Policy*, Proceedings of NE-165 Conference, Washington D.C., 24-25 juin 1999, p. 638-650.
- DALE, Philip J. (coord.), « Study of Gene Dispersal from Plants Produced by Recombinant DNA Technology », <http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/01-plants/01-06-project.html>.
- DANIELL, H. et coll., « Marker Free Transgenic Plants : Engineering the Chloroplast Genome without the Use of Antibiotic Selection », *Current Genetics*, vol. 39, 2, 2001, p. 109-117.
- DANTEN, Charles, « OGM : une manne empoisonnée », *Guide Ressources*, mai 2000.
- DARMENCY, H. (coord.), « Safety Assessment of the Release of Transgenic Crops : Spread of Herbicide Resistance Genes from Wheat and Foxtail Millet to Weedy Species », <http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/01-plants/01-03-project.html>.
- DEPARTMENT FOR ENVIRONMENT, FOOD AND RURAL AFFAIRS, *A Consultation Paper on the Implementation of Directive 2001/18/EC on the Deliberate Release into the Environment of Genetically Modified Organisms*, Gouvernement du Royaume Uni, London, juillet 2001, (www.defra.gov.uk/environment).
- DESAIX, Anne et coll., « Faut-il breveter les gènes? », *Biofutur*, 204, octobre 2000, p. 20-25.
- DEVLIN, Thomas M. (dir.), *Textbook of Biochemistry with Clinical Correlations*, New York, Wiley-Liss, Inc., 4^e édition, 1997, 1186 p.
- DHAND, Ritu (dir.), « Nature Insight. Functional Genomics », *Nature*, 405, 6788, 15 juin 2000, p. 819-865.
- DITNER, Jean-Michel et Stéphane LEMARIÉ, *Le développement des productions agricoles présentant des caractéristiques spécifiques*, Volet 2, INRA/SERD, Grenoble, janvier 2001, p. 53-85, [réf. MAP 99.A2.03.01].
- DOMINGO, Jose L., « Health Risks of GM Foods : Many Opinions But Few Data », *Science*, vol 288, 9 juin 2000, p. 249-250.
- DONALDSON, Liam et Robert MAY, *Health Implications of Genetically Modified Foods*, Department of Health, London, mai 1999, 21 p., (www.doh.gov.uk/gmfood.htm).
- DOWNEY, R.K., « Gene Flow and Rape — the Canadian Experience », *Gene Flow and Agriculture : Relevance for Transgenic Crops*, British Crop Protection Council, 1999, p. 109-116.

- DUBÉ, Catherine, « Pharmaceutique. Des OGM pour se soigner », *Québec Science*, octobre 2001, p. 32-35.
- DUCLOS, Denis, *La peur et le savoir : la société face à la science, la technique et leurs dangers*, Paris, La Découverte, 1989.
- EINSPANIER, Ralf et coll., « The Fate of Forage Plant DNA in Farm Animals : A Collaborative Case-Study Investigating Cattle and Chicken Fed Recombinant Plant Material », *European Food Research and Technology*, vol. 212, 2, 2001, p. 129-134.
- ELLSTRAND, Norman C., « When Transgenes Wander, Should We Worry? », *Plant Physiology*, 125, avril 2001, p. 1543-1545.
- ELLSTRAND, Norman C., *Evaluating the Risks of Transgene Flow from Crops to Wild Species*, Department of Botany and Plants Sciences, University of California, 4 p.
- ENVISION RESEARCH, *Socioethical Implications of Biotechnology*, mars 1997.
- ERLICH, S. D. (coord.), *Gene Transfer from and Survival of Genetically Modified Lactic Acid Bacteria, Background and Objectives*, Research project, INRA, Jouy-en-Josas, France, janvier 1989 à décembre 1990, 2 p., (<http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/04-food/04-09-project.html>).
- ESPACE BIOTECH (L'), « OGM : Les vrais risques, les nouveaux avantages », *Science Revue*, n° 3732, 1 juillet 2000, 6 p., (<http://biotechknowledge.com/showlibsp.php3?uid-3732>).
- EU FIFTH FRAMEWORK PROGRAMME, *GMO Research in Perspective, Report of a Workshop Held by External Advisory Groups, Quality of Life and Management of Living Resources*, Bruxelles, 9 — 10 septembre 1999, 9 p.
- EUROPEAN COMMISSION, *Economic Impacts of Genetically Modified Crops on the Agri-Food Sector*, Bruxelles, Directorate-General for Agriculture et Economic Research Service.
- EUROPEAN COMMISSION, *Opinion of the Scientific Committee on Food Concerning a Submission from Italian Authorities Raising Concerns for the Safety of Certain Products Approved under the Notification Procedure of Regulation (EC) 258/97*, Heath & Consumer Protection Directorate-General, 7 septembre 2000, [CS/NF/DOS/11 ADD 4 REV 2 Final].
- EUROPEAN COMMISSION, *Conference Report. Agricultural Research in the European Research Area*, Conférence au Palais des Congrès, Versailles, 5-6 décembre 2000, Bruxelles, 2001, 54 p.
- EWEN, Stanley W. B. et Arpad PUSZTAI, « Effects of Diets Containing Genetically Modified Potatoes Expressing *Galanthus nivalis* Lectin on Rats Small Intestine », *The Lancet*, 354, 16 octobre 1999, p. 1353-4.

- FALCK-ZEPEDA, José et coll., « Surplus Distribution from the Introduction of a Biotechnology Innovation », *American Journal of Agricultural Economics*, vol. 82, mai 2000, p. 360-369.
- FEDERAL INSECTICIDE, FUNGICIDE, AND RODENTICIDE ACT — SCIENTIFIC ADVISORY PANEL, *Set of Scientific Issues Being Considered by the Environmental Protection Agency Regarding : Bt Plant-Pesticides Risk and Benefit Assessments*, SAP Report n° 2000-7 : Scientific Advisory Panel Meeting, 12 mars 2001, 78 p.
- FERNANDEZ-CORNEJO, Jorge et William D. MCBRIDE, « Genetically Engineered Crops for Pest Management in U.S. Agriculture : Farm-Level Effects », *Agricultural Economic Report* n° 786, Economic Research Service, USDA, Washington D.C., avril 2000, 20 p.
- FINNEY, Colin, « Extending Public Consultation Via the Internet : The Experience of the UK Advisory Committee on Genetic Testing Electronic Consultation (1996) », *Science and Public Policy*, UK Advisory Committee on Genetic Testing, octobre 1999.
- FITT, G. P. et L. J. WILSON, « Generic Engineering in IPM. Bt Cotton », dans G. G., Kennedy et T. B. Sutton (dir.), *Emerging Technologies for Integrated Pest Management : Concepts Research and Implementation*, APS Press, p. 108-125.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, *Les organismes génétiquement modifiés : les consommateurs, la sécurité des aliments et l'environnement*, Collection FAO : Questions d'Éthique, n° 2, Rome, 2001.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, *Problèmes d'éthiques dans les secteurs de l'alimentation et de l'agriculture*, Collection FAO : Questions d'Éthique, n° 1, Rome, 2001.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, *Rapport du Groupe d'experts éminents en matière d'éthique alimentaire et agricole*, Première session tenue le 26-28 septembre 2000, Rome, 2001.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, *Evaluation of Allergenicity of Genetically Modified Foods*, Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Allergenicity of Foods Derived from Biotechnology, Rome, 22-25 janvier 2001, 18 p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, *Report of the Second Session of the Codex Ad hoc Intergovernmental Task Force on Foods Derived from Biotechnology*, Chiba (Japon), 25-29 March 2001.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, *Safety Assessments of Foods Derived from Genetically Modified Microorganisms*, Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Foods Derived from Biotechnology, Genève, 24 — 28 septembre 2001, 28 p.

- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, WORLD HEALTH ORGANIZATION, *Safety Aspects of Genetically Modified Foods of Plants Origin*, Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Foods Derived from Biotechnology, Genève, 24 — 28 septembre 2001, 35 p.
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, *Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP)*, Center for Food Safety & Applied Nutrition, Washington D.C., s.d., (www.cfsan.fda.gov/~comm/haccpov.html).
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, *Premarket Notice Concerning Bioengineered Foods*, s.l., Department of Health and Human Services, vol. 66, n° 12, Washington D.C., 18 janvier 2001, p. 4706-4738.
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, *List of Completed Consultations on Bioengineered Foods*, Center for Food Safety & Applied Nutrition, Office of Food Additive Safety, Washington D.C., juillet 2001, 7 p., (www.cfsan.fda.gov/~lrd/biocon.html).
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, « FDA Announces Proposal and Draft Guidance for Food Developed through Biotechnology », *HHS News*, 17 janvier 2001, P01-01, 8 p., (www.fda.gov/bbs/topics/NEWS/2001/NEW00747.html).
- FOOD STANDARDS AGENCY, *Food Research Programmes. Annual Report 1999-2000*, London, octobre 2000, 147 p.
- FRANK, Lone, « News of the Week. Plant Biotechnology. Italian Scientists Blast GMO Restrictions », *Science*, vol. 290, 15 décembre 2000, p. 2046.
- FRENDON, Mona, *Intellectual Property Protection for Biological Innovations*, préparé pour le Comité directeur du projet sur la propriété intellectuelle et le brevetage des formes de vie supérieures du comité consultatif canadien de la biotechnologie, Ottawa, Janvier 2001, 18 p.
- FRESCO, Louise O., « Genetically Modified Organisms in Food and Agriculture : Where Are We? Where Are We Going? », Keynote address, *Conference on Crop and Forest Biotechnology for the Future*, Royal Swedish Academy of Agriculture and Forestry, Falkenberg (Suède), 16-18 septembre 2001, 7 p.
- FUGLIE, Keith O. et coll., *Agricultural Research and Development : Public and Private Investments Under Alternative Markets and Institutions*, USDA, Economic Research Service, Agricultural Economic Report n° 735, mai 1996, 88 p.
- FUGLIE, Keith O. et David E. SCHIMMELPFENNIG (dir.), *Public-Private Collaboration in Agricultural Research*, New Institutional Arrangements and Economic Implications, Iowa State University Press, 2000, 352 p.
- FULTON, Murray et coll., *The Benefits and Costs of Genetically Modified Crops*, The Canadian Biotechnology Advisory Committee, mars 2001.

- FULTON, Murray et Lynette KEYOWSKI, *The Impact of Technological Innovation on Producer Returns : The Case of Genetically Modified Canola*, Paper presented at the Transitions in Agbiotech : Economics of Strategy and Policy Conference, Washington D.C., 24-25 juin 1999, 22 p.
- FULTON, Murray et Lynette KEYOWSKI, « The Producer Benefits of Herbicide-Resistant Canola », *AgBioForum*, vol. 2, n° 2, University of Saskatchewan, Saskatoon, (<http://www.agbioforum.org/vol2no2/fulton.html>).
- GAISFORD, James D. et coll., *The Economics of Biotechnology*, Edward Elgar Publishing Limited (UK), 2001, 246 p.
- GIANESSI, Leonard P. et Cressida S. SILVERS, *The Potential for Biotechnology to Improve Crop Pest Management in the US - 30 Crop Study*, Preliminary Results Presented at BIO2001, San Diego (CA), 25 juin 2001, 13 p., (www.ncfap.org).
- GIBBS, W. Wayt, « On the Termination of Species », *Scientific American*, 285, 3, novembre 2001, p.40-49.
- GIDDINGS, Glynis et coll., « Transgenic Plants as Factories for Biopharmaceutical », *Nature Biotechnology*, vol. 18, n° 11, 2000, p. 1151-1157.
- GLICK, Bernard R. et Jack J. PASTERNAK, *Molecular Biotechnology. Principles and Applications of Recombinant DNA*, American Society for Microbiology Press, 2^e édition, Washington, D.C., 1998, 683 p.
- GOLAN, Elise et coll., *Economics of Food Labeling*, Economic Research Service, USDA, Agricultural Economic Report n° 793, Washington D.C., décembre 2000, 41 p.
- GOLD, Richard, *Le brevetage des gènes*, préparé pour le Comité directeur du projet sur la propriété intellectuelle et le brevetage des formes de vie supérieures du Comité consultatif canadien de la biotechnologie, Ottawa, janvier 2000, 21 p.
- GOLD, Richard, *Directive de l'UE relative à la protection juridique des inventions biotechnologiques : historique, mise en œuvre et leçons à tirer par le Canada*, préparé pour le Comité directeur du projet sur la propriété intellectuelle et le brevetage des formes de vie supérieures du Comité consultatif canadien de la biotechnologie, Ottawa, mars 2001, 6 p.
- GOLDER, Geoff et coll., *Economic Impact Study : Potential Costs of Mandatory Labelling of Food Products Derived from Biotechnology in Canada*, Phase I Project, KPMG Consulting, Ottawa, 1^{er} décembre 2000, 52 p.
- GRAY, Richard et coll., « The Public and Not-for-Profit Sectors in a Biotechnology-Based, Privatizing World : The Canola Case », dans William H. Lesser (ed.), *Transitions in Agbiotech : Economics of Strategy and Policy*, Proceedings of NE-165 Conference, Washington D.C., 24-25 juin 1999, p. 543-560.

- GROSCLAUDE, Jeanne, « Sécurité et risques alimentaires », *Dossiers d'actualité mondiale*, n° 856-857, 27 avril-18 mai 2001, 177 p.
- GROUPE CRUCIBLE II, *Le Débat des semences*, Volume 1 : Solutions politiques pour les ressources génétiques : Un brevet pour la vie revisitée, CRDI, Institut international des ressources phytogénétiques, Fondation Dag Hammarskjöld, Rome, 2001, 138 p.
- GROUPE EUROPÉEN D'ÉTHIQUE DES SCIENCES ET DES NOUVELLES TECHNOLOGIES, *Rapport général des activités du GEE — 1998-2000*, Noëlle Lenoir, présidente.
- GÜNTHER GASSEN, Hans, *Possible Health Risks of GM Foods*, Institute of Biochemistry, University of Technology, Darmstadt, 6 p.
- GURA, Trisha, « The Battlefields of Britain », *Nature*, vol. 412, 23 août 2001, p. 760-763.
- GUTIERREZ-CAMPOS, Rafael et coll., « Breeding, Cultivars, Rootstocks, & Germplasm Resources — Pleiotropic Effects in Transgenic Tobacco Plants Expressing the Oryzacystalin I Gene », *Hortscience*, vol. 36, n° 1, 2001, p. 118-119.
- HAMMOND, J., « Overview : The Many Uses and Applications of Transgenic Plants », *Current Topics in Microbiology and Immunology*, vol. 240, 1999, 19 p.
- HANSEN, L. C., J.J. OBRYCKI, « Field Deposition of Bt Transgenic Corn Pollen : Lethal Effects on the Monarch », *Oecologia*, 125, 2000.
- HANSEN, Michael, *Possible Human Health Hazards of Genetically Engineered Bt Crops*, EPA Science Advisory Panel, Arlington (VA), 20 octobre 2000, 11 p., (www.purefood.org/ge/btcomments.cfm).
- HEDDEN, Peter et Andrew L. PHILLIPS, « Manipulation of Hormone Biosynthetic Genes in Transgenic Plants », *Current Opinion in Biotechnology*, vol. 11, n° 2, 2000, p. 130-137.
- HEFFERNAN, William et coll., *Study on Concentration in US Agriculture*, National Farmers Union in the US Senior Associate, Institute for Agriculture and Trade Policy, Minneapolis (MN), 5 février 1999, 10 p., (www.greens.org/s-r/gga/heffernan.html).
- HEIMLICH, Ralph E. et coll., « Genetically Engineered Crops : Has Adoption Reduced Pesticide Use? », *Agricultural Outlook*, Economic Research Service, USDA, Washington D.C., août 2000, p. 13-17.
- HEIMLICH, Ralph E. et coll., *Adoption of Genetically Engineered Seed in the U.S. Agriculture : Implications for Pesticide Use*, Economic Research Service, USDA, Washington D.C., s.d., 27 p.
- HEISEY, Paul W. et Colin THIRTLE, *Public Sector Plant Breeding in a Privatizing World*, Economic Research Service USDA, AIB 772, Washington D.C., août 2001, 19 p.

- HERRERA-ESTRELLA, Luis R., « Genetically Modified Crops and Developing Countries », *Plant Physiology*, novembre 2000, vol. 124, p. 923-925 (www.plantphysiol.org).
- HESELMAN, Marianne, « Jury Out on Environmental Impact of GM Soy », *Nature Biotechnology*, 19, août 2001, p. 700-701.
- HIN, C.J.A. et coll., *Agronomic and Environmental Impacts of the Commercial Cultivation of Glyphosate Tolerant Soybean in the USA*, Centre for Agriculture and Environment, Utrecht (HL), juin 2001, 64 p., [CLM 496-2001].
- HIRSHHORN, Ronald et Jock LANGFORD, *Intellectual Property Rights in Biotechnology : The Economic Argument*, préparé pour le Comité directeur du projet sur la propriété intellectuelle et le brevetage des formes de vie supérieures du comité consultative canadien de la biotechnologie, Ottawa, mars 2001, 24 p.
- HO, Mae-Wan et coll., « The Cauliflower Mosaic Viral Promoter — a Recipe for Disaster? », *Microbial Ecology in Health and Disease*, 11, 2000, p. 194-197.
- HO, Mae-Wan et coll., « Hazards of Transgenic Plants Containing the Cauliflower Mosaic Viral Promoter : Authors' Reply to Critiques of the Cauliflower Mosaic Viral Promoter — a Recipe for Disaster? », *Microbial Ecology in Health and Disease*, 12, 2000, p. 6-11.
- HODGSON, John « GM Health Food », *Nature Biotechnology*, 18, 3, 2000, p. 247.
- HOHN, Barbara, Avraham A. LEVY et Holger PUCHTA, « Elimination of Selection Markers from Transgenic Plants », *Current Opinion in Biotechnology*, vol. 12, n° 2, 2001, p. 139-143
- HOPKIN, Karen, « The Risks on the Table », *Scientific American*, avril 2001, vol. 284, n° 4, p. 60-61.
- HORSCH, Robert B., « Does the World Need GM Foods? », *Scientific American*, avril 2001, vol. 284, n° 4, p. 62-63.
- HOTTOIS, Gilbert et Jean-Noël MISSA, *Nouvelle encyclopédie de bioéthique*, Bruxelles, Éditions De Boeck Université, 2001.
- HOTTOIS, Gilbert, « L'éthique et la science », *Conference on Science and Technology in Europe — Prospects for the 21st Century*, Pologne, octobre 2000.
- HOWLETT, Roy et Ritu DHAND (dir.), « Biodiversity », *Nature*, 405(6783), 11 mai 2000, p. 207-253.
- IBAC CONSULTATION, *Biotechnology in New Zealand*, Consultation Report, Auckland, août 2000, 17 p., (www.ibac.org.nz).

- INDUSTRIE CANADA, *La stratégie canadienne en matière de biotechnologie (1998) : Un processus de renouvellement permanent*, Ottawa, 1998, 26 p., (<http://strategis.ic.gc.ca/scb>).
- INDUSTRIE CANADA, *Les chemins de la croissance : Possibilités dans le secteur de la biotechnologie*, Direction générale des sciences de la vie, Ottawa, 2000, 38 p.
- INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC, *Colloque Aliments génétiquement modifiés et santé publique*. Recueil de textes de présentation, Québec, 2000, 60 p.
- INSTITUT NATIONAL DE SANTÉ PUBLIQUE DU QUÉBEC, *Aliments génétiquement modifiés et santé publique*, Document synthèse, Québec, 2000, 26 p.
- INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS, « Institute of Food Technologist Expert Panel Report on Biotechnology and Foods », *Food Technology*, vol. 54, n° 8, août 2000, 56 p., (www.biotech-info.net/IFT_report.html).
- INTERNATIONAL SERVICE FOR THE ACQUISITION OF AGRI-BIOTECH APPLICATIONS, *Global GM Crop Area Continues to Grow. Likely to Reach 50 million Hectares, or 125 Million Acres, in 2001*, Press Release, 18 octobre 2001, (www.isaaa.org).
- JAMES, Clive, *Global Review of Commercialized Transgenic Crops*, Ithaca (New York), ISAAA Briefs, n° 21-2000, 17 p.
- JAMES, Philip, *Food Standards Agency Report — An Interim Proposal*, London, Food Standards Agency, 1997, (www.foodstandards.uk.gov).
- JOERSBO, Morten, « Advances in the Selection of Transgenic Plants Using Non-Antibiotic Marker Genes », *Physiologia Plantarum*, vol 111, n° 3, 2001, p. 269-272.
- JOHNSTON, Donald J., « Biotechnologie, économie et environnement : une union pleine de promesses », *L'Observateur de l'OCDE*, n° 216, mars 1999.
- JOLY, Pierre-Benoit, « Quelles sont les stratégies des firmes industrielles sur le marché des OGM? », *Les OGM à l'INRA*, INRA, Grenoble, s.d., 4 p., (www.inra.fr/internet/Directions/DIC/ACTUALITES/DOSSIERS/OGM/joly2.htm).
- JOLY, Pierre-Benoit et coll., *La constitution d'un « problème public » : la controverse sur les OGM et ses incidences sur la politique publique des États-Unis*, Volet 3, Vol. 2, INRA-STEPE, Grenoble, janvier 2001, 189 p., (www.inra.fr)
- JOLY, Pierre-Benoit et Marie-Angèle de LOOZE, « An Analysis of Innovation Strategies and Industrial Differentiation through Patent Applications : The Case of Plant Biotechnology », *Research Policy*, vol. 25, 1996, p. 1027-1046.

- JORDA, Lucia et Pablo VERA, « Local and Systemic Induction of Two Defense-Related Subtilisin-Like Protease Promoters in Transgenic Arabidopsis Plants. Luciferin Induction of PR Gene Expression », *Plant Physiology*, vol. 124, n° 3, 2000, p. 1049-1058.
- JOUNG, Kang-Bo et Jean-Charles CÔTÉ, *Analyse des incidences environnementales de l'insecticide microbien Bacillus thuringiensis*, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2000, 15 p., (http://res2.agr.gc.ca/stjean1recherche/bt_f.htm).
- JULIEN, Raymond (dir.), *Génétique*, Paris, Dunod, 1999.
- KAEPPLER, Heidi F., « Food Safety Assessment of Genetically Modified Crops », *Agronomy Journal*, vol. 92, n° 4, p.797-803, (<http://agron.sci-journals.org/cgi/content/abstract/92/4/793>).
- KAHN, Axel (dir.), *Transgenic Plants in Agriculture. Ten Years Experience of the French Biomolecular Engineering Commission*, Paris, Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, Ministère de l'Environnement, Éditions John Libbey Eurotext, 1999, 148 p.
- KAHN, Axel, *Et l'Homme dans tout ça?, Plaidoyer pour un humanisme moderne*, Paris, NiL éditions, 2000.
- KAISER, Laure et coll., « Maïs Bt et insectes auxiliaires », *Biofutur*, 207, janvier 2001, p. 30-33.
- KALAITZANDONAKES, Nicholas, « A Farm Level Perspective on Agrobiotechnology », *AgBioForum*, vol. 2, n° 2, 1999, p. 118-125, (www.agbioforum.org/vol2no2/edotir.html).
- KALAITZANDONAKES, Nicholas et Marvin HAYENGA, « Structural Change in the Biotechnology of Seed Industrial Complex : Theory and Evidence », dans William H. Lesser (ed.), *Transitions in Agbiotech : Economics of Strategy and Policy*, Proceedings of NE-165 Conference, Washington D.C., 24-25 juin 1999, p. 217-227.
- KARP, Gerald, *Biologie cellulaire et moléculaire. Concepts et expériences*, Bruxelles, De Boeck Université, 1998.
- KEMP, Peter, *L'irremplaçable. Une éthique de la technologie*, Paris, Les Éditions du Cerf, 1997.
- KEMP, Robert, *Innovation in the Livestock Industry*, The Canadian Biotechnology Advisory Committee, Ottawa, mars 2001.
- KING, John J., *Concentration and Technology in Agricultural Input Industries*, Economic Research Service, USDA, AIB-763, mars 2001, 132 p., (www.ers.usda.gov).
- KJELLSSON, Gosta et Vibeke SIMONSEN (dir.), *Methods for Risk Assessment of Transgenic Plants I. Competition, Establishment and Ecosystem Effects*, Boston-Berlin-Basel, Birkhauser Verlag, 1994, 224 p.

- KJELLSSON, Gosta et coll., *Methods for Risk Assessment of Transgenic Plants II. Pollination, Gene-Transfer and Population Impacts*, Boston-Berlin-Basel, Birkhauser Verlag, 1997, 308 p.
- KLOTZ-INGRAM, Cassandra et coll., « Farm-Level Production Effects Related to the Adoption of Genetically Modified Cotton for Pest Management », *AgBioForum*, vol. 2, n° 2, 1999, p. 73-84, (www.agbioforum.org/vol2no2/klotz.html).
- KLOTZ-INGRAM, Cassandra et Kelly DAY-RUBENSTEIN, « The Changing Agricultural Research Environment : What Does It Mean for Public-Private Innovation? », *AgBioForum*, vol. 2, n° 1, 1999, p. 24-32.
- KNUDSEN, I. et coll., *New Methods for the Safety Testing of Transgenic Food (SAFOTEST), Background and Objectives*, Research project, Institute of Food Safety and Toxicology, Soborg, février 2000 à février 2004, (<http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/04-food/04-04-project.html>).
- KOCH, Muffy et coll., « GMOs : the Good, the Bad or the Ugly », *Food Review*, février 1999, p. 41.
- KOURILSKY, Philippe et Geneviève VINEY, *Le principe de précaution*, Rapport au Premier Ministre, Paris, 15 octobre 1999, 135 p., [www.ladocfrancaise.gouv.fr/kourilsky&fichier=kourilsky].
- KUIPER, Harry A., et coll., « Adequacy of Methods for Testing the Safety of Genetically Modified Foods », *The Lancet*, vol. 354, 16 octobre 1999, p. 1315-1316.
- KUIPER, Harry A. et coll., « Risks of the Release of Transgenic Herbicide-Resistant Plants with Respect to Humans, Animals, and the Environment », *Crop Protection*, vol. 19, n° 8, 2000, p. 773-778.
- KUSNADI, Ann R. et coll., « Production and Purification of Two Recombinant Proteins from Transgenic Corn », *Biotechnol. Prog.*, vol. 14, 1998, p. 149-155.
- LADRIÈRE, Jean, *Les enjeux de la rationalité*, Montréal, Liber, 1977.
- LAGET, Patrice (dir.), « European Responses to Biotechnology : Research, Regulation and Dialogue », *Issues*, vol XVII, n° 4, été 2001, p. 37-42, (www.nap.edu/issues/17.4/p_jaget.htm).
- LAKE, Bob (dir.), *Current Awareness of Genetically Modified Food Issues*, ESR Project F99, Christchurch Science Centre, London, mars 2001, 33 p.
- LARRÈRE, Catherine et Raphaël, *Du bon usage de la nature*, Paris, Aubier, 1997.
- LARRÈRE, Catherine et Raphaël, « Le principe de précaution », *Biofutur*, 209, mai 2001, p.26.

- LE DÉAUT, Jean-Yves (Député), *Utilisation des OGM en agriculture et dans l'alimentation*, Paris, Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, Rapport 545, juillet 1998, (www.senat.fr/rap/o97-5451/o97-5451_mono.html).
- LEISS, William, « Les problèmes qu'engendre la science : la controverse autour des aliments génétiquement modifiés », *ISUMA*, automne 2000, p. 79-85.
- LEMARIÉ, Stéphane et Jean-Michel DITNER, *Analyse économique du développement des cultures à base d'organismes génétiquement modifiés aux États-Unis*, volet 1, INRA/SERD Grenoble, janvier 2001, 50 p.
- LEMARIÉ, Stéphane et coll., *Les répartitions possibles entre les acteurs de la filière agroalimentaire des gains éventuels tirés des plantes transgéniques en France*, Étude financée par le Commissariat Général du Plan, Paris, juillet 2001, 64 p.
- LEROUX, Thérèse, « A-T C-G : aliments transgéniques et contrôles gouvernementaux », *Développements récents en droit de l'environnement*, n° 139, Service de la formation permanente, Barreau du Québec, Montréal, Éd. Yvan Blais, 2000, p. 403-426.
- LESSER, William H., « "Holding up" the Public Agbiotech Research Sector Over Component Technologies » dans William H. Lesser (éd.), *Transition in Agbiotech : Economics of Strategy and Policy*, Proceedings of NE-165 Conference, Washington D.C., 24-25 juin 1999, p. 601-619.
- LIMOGES, Camille et coll., *L'État et les préoccupations des citoyens relatives aux incidences du changement technologique. La régulation publique en contexte d'« environnementalisation »*, Conseil de la science et de la technologie, Sainte-Foy, septembre 1993, 183 p.
- LIMOGES, Camille et coll., « Les risques associés au largage dans l'environnement d'organismes génétiquement modifiés : analyse d'une controverse », *Cahiers de recherche sociologique*, n° 21, 1993, p. 18-52.
- LIMOGES, Camille, et coll., « Plurality of Worlds, Plurality of Risks, "Risk Analysis" », *Society for Risk Analysis*, vol. 15, n° 6, 1995, p. 699-707.
- LIN, William W. et coll., « Biotechnology : U.S. Grain Handlers Look Ahead », *Agriculture Outlook*, Economic Research Service USDA, Washington D.C., avril 2000, p. 29-34.
- LIN, William W. et coll., « Starlink : Impacts on the U.S. Corn Market and World Trade », *Feed Yearbook/FDS-200* Economic Research Service, USDA, Washington D.C., avril 2001, p. 40-48.
- LOREAU, M. et coll., « Biodiversity and Ecosystem Functioning : Current Knowledge and Future Challenges », *Science*, vol. 294, 26 octobre 2001, p. 804-808.
- LOSEY, J. E., L.S. RAYOR, M.E. CARTER, « Transgenic Pollen Harms Monarch Larvae », *Nature*, 399, 214, 1999.

- LOVINS, Amory B., « Redesigning Evolution? », *Science*, vol. 285, 3 septembre 1999, p. 1489-1490, (www.sciencemag.org).
- LUND, Daryl (coord.), *Agricultural Biotechnology : Critical Issues and Recommended responses from the Land-Grant Universities*, A Report to the Experiment Station Committee on Organization and Policy (ESCOP) and the Extension Committee on Organization and Policy (ECOP), Ithaca, 21 janvier 2000, 21 p.
- MAAGD, R. De (coord.), *Effects and Mechanisms of BT Transgenes on Biodiversity of Non-target Insects : Pollinators, Herbivores and their Natural Enemies, Background and Objectives*, Research project, Plant Research International, Wageningen (NL), octobre 2000 à septembre 2003, (<http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/01-plants/01-08-project.html>).
- MABEY, Nick, « The Economics of Precaution : Strengths and Limitation of an Economic Interpretation of the Precautionary Principle », *WWF-UK*, avril 1998, 11 p., (www.consumerscouncil.org/gmo/wwf98.htm)
- MACER, Darryl, *Alimentation, biotechnologies végétales et éthique*, Unesco, Comité international de bioéthique - Le Groupe de travail sur alimentation, biotechnologies végétales et éthique, Genève, s.d.
- MACKENZIE, Donald J., *International Comparison of Regulatory Frameworks for Food Products of Biotechnology*, The Canadian Biotechnology Advisory Committee, Ottawa, décembre 2000, 65 p.
- MALHERBES, Jean-François, *Le nomade polyglotte*, Montréal, Bellarmin, 2000.
- MARKS, Leonie A. et coll., « The AgBiotech Industry — A U.S. — Canadian Perspective », *Canadian Journal of Agricultural Economics*, vol. 47, p. 419-431.
- MARRA, Michele et coll., *Economic Impacts of the First Crop Biotechnologies*, North Carolina Agricultural Research Service, University of Georgia Agricultural Experiment Station et USDA Southern Region Pesticide Impact Assessment Program, s.d., 28 p., (www.ag-econ.ncsu.edu/faculty/marra/FirstCrop/sld002.htm).
- MARTINEAU, Belinda, « Food Fight. The Short, Unhappy Life of the Flavr Savr Tomato », *The Sciences*, printemps 2001, p. 24-29.
- MARVIER, Michelle, « Ecology of Transgenic Crops — Measuring the Environmental Risk of Genetically Engineered Plants Is Difficult », *American Scientist*, vol. 89, n° 2, 2001, p. 160-167.
- MARYANSKI, J.H., *FDA's Policy for Foods Developed by Biotechnology*, Washington D.C., FDA/CFSAN, (<http://vm.cfsan.fda.gov>).
- MATURIN, L. et R. CURTISS : « Degradation of DBNA by Nucleases in Intestinal Tracts of Rats », *Science*, 196, 1977, p. 216-218.

- MAY, Robert, *Genetically Modified Foods : Facts, Worries, Policies and Public Confidence*, Office of Science and Technology (UK), février 1999, 7 p., (www.dti.gov.uk/ost/ostbusiness/gen.htm).
- MCALLAN, A.B., « The Fate of Nucleic Acids in Ruminants », *Progress in Nutritional Science*, 41, 1982, p.309-317.
- MCBRIDE, William D. et Nora BOOKS, « Survey Evidence on Producer Use and Costs of Genetically Modified Seed », dans William H. Lesser (ed.), *Transitions in Agbiotech : Economics of Strategy and Policy*, Proceedings of NE-165 Conference, Washington D.C., 24-25 juin 1999, p. 23-40.
- McDONALD, Michael, *La biotechnologie, l'éthique et l'État : Synthèse*, Comité consultatif canadien de la biotechnologie, Le Comité de direction de projet sur l'intégration des préoccupations sociales et éthiques dans la biotechnologie, Ottawa, novembre 2000.
- MCGARITY, Thomas O. et coll., *Breeding Distrust : An Assessment and Recommendations for Improving the Regulation of Plant Derived Genetically Modified Foods*, A Report Prepared for the Food Policy Institute of the Consumer Federation of America, Washington D.C., 11 janvier 2001, 226 p., ([www.biotech-info.net/Breeding Distrust.html](http://www.biotech-info.net/Breeding_Distrust.html)).
- MCHUGHEN, Alan, *Pandora's Picnic Basket. The Potential and Hazards of Genetically Modified Foods*, Oxford University Press, Oxford, 2000.
- MELLON, Margaret, « Does the World Need GM Foods? », *Scientific American*, avril 2001, vol. 284, n° 4, p. 64-65.
- MESSÉAN, Antoine, « Impact des plantes transgéniques pour l'agriculture », *Compte rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, vol. 86, n° 6, 2000, p. 87-96.
- METCALFE, Dean D. et coll., « Assessment of the Allergenic Potential of Foods Derived from Genetically Engineered Crop Plants », *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 36(S) : S165-S186 (1996).
- MIFLIN, Ben J., « Crop Biotechnology. Where Now? », *Plant Physiology*, mai 2000, vol. 123, p. 17-27.
- MIKHAILOV, V. V., RUCHKO, V. M. et A. A. MAKHLAI, « Transgenic Plants in Vaccinology », *Voprosy Virusologii*, n° 1, 2001, p. 4-7.
- MILLER, Henry, « The Science of Biotechnology Meets the Politics of Global Regulation », *Issues*, Vol. XVI, n° 3, automne 2000, (www.nap.edu/issues/17.1/miller.htm).
- MILLWARD BROWN AUSTRALIA, *Biotechnology Public Awareness Survey, Final survey*, Biotechnology Australia, juillet 2001, 41p., (www.millwardbrown.com).

- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'ALIMENTATION ET DES AFFAIRES RURALES, *Document de travail sur l'adoption d'une loi unique, moderne et complète concernant l'innocuité et la qualité des aliments en Ontario*, Gouvernement de l'Ontario, Toronto, 2000, (www.gov.on.ca/OMAFRA/french/infores/foodsafety/ofssprop_fr.htm).
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC, *La Filière agroalimentaire du Québec propose un débat public*, Communiqué de presse, Québec (Québec), 10 décembre 1999, (www.agr.gouv.qc.ca/info/cpresse/1999/99287.htm)
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC, *La Filière agroalimentaire du Québec se prononce en faveur de l'étiquetage (OGM)*, Communiqué de presse, Québec, 27 janvier 2000, (www.agr.gouv.qc.ca/info/cpresse/2000/0006.htm)
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC, *La sécurité alimentaire, notre responsabilité à tous*, Bilan annuel des activités 2000-2001 en matière d'inspection des aliments et de santé animale, Direction générale de l'alimentation, Québec, 2001, 31 p.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC, *Plan stratégique du ministère et des organismes 2001-2004*, Québec, juillet 2001, 47 p.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC, *Une étape importante dans l'implantation de la traçabilité au Québec*, Communiqué de presse, Québec, 18 octobre 2001, 2 p.
- MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DES PÊCHERIES ET DE L'ALIMENTATION DU QUÉBEC, *Évolution de la recherche et du développement agroalimentaire au Québec au cours des dix dernières années*, Direction de la recherche économique et scientifique, Québec, 1999, 70 p.
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC, *La biosécurité et les organismes génétiquement modifiés (OGM)*, Gouvernement du Québec, Québec, (www.menv.gouv.qc.ca/biodiversite/biodiversite/index.htm).
- MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT DU QUÉBEC, *Plans stratégiques du ministère et des organismes sous la responsabilité du ministre de l'Environnement*, Québec, juillet 2001, 60 p.
- MOORE, JULIA A., « More than a Food Fight », *Issues*, vol. XVII, n° 4, été 2001, p. 31-36, (www.nap.edu/issues/17.4/p_moore.htm).
- MORANGE, MICHEL, « Le concept de gène », *Biofutur*, 206, décembre 2000, p. 24-25.
- MOREIRA, Romilda Resende, *The Fertilizer Industry, the Concentration in the Pesticides/Grain Agribusiness Sector and Strategies of the Firms in the United States*, George Washington University, Seattle, 2001, 45 p.

- MOSCHINI, GianCarlo, « Biotech — Who Win? Economic Benefits and Costs of Biotechnology Innovations in Agriculture », *The Estey Centre Journal of International Law and Trade Policy*, vol. 2, n° 1, 2001, p. 93-117, (www.esteyjournal.com).
- MOSCHINI, GianCarlo et coll., « Roundup Ready Soybeans and Welfare Effects in the Soybean Complex », *Agribusiness*, vol. 16, n° 1, 2000, p. 33-55.
- NATIONAL AGRICULTURAL BIOTECHNOLOGY COUNCIL, *Report*, Ad Hoc Committee on Ethics, 2001.
- NATIONAL AGRICULTURAL STATISTICS SERVICE, *Prospective Plantings, Update Alert*, USDA, Washington D.C., 30 mars 2001, 48 p., [Cr Pr 2-4 (3-01)a].
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, *Genetically Modified Pest-Protected Plants. Science and Regulation*, Washington, National Academy Press, 2000, 263 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL, *Improving Risk Communication*, National Academy Press, Washington, 1989.
- NELSON, Gerald C. (dir.), *Genetically Modified Organisms in Agriculture : Economics and Politics*, Academic Press, 2001, 344 p.
- NGUYEN, Henry T., *Performance of Transgenic Plants Carrying Abiotic Stress Resistance Genes*, juillet 2001, 5 p., (www.plantstress.com/admin/Files/Abiotic-stress_gene.htm).
- NICK, P. (coord.), *EcoTub : An Ecologically Safe Selection System for Transgenic Crops Based on Modified Plant-Tubulin Genes, Background and Objectives*, Research project, Institut für Biologie II, Freiburg (DE), octobre 2000 à septembre 2003, (<http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/01-plants/01-16-project.html>).
- NORDLEE, J. A. et coll., « Identification of a Brazil Nut Allergen in Transgenic Soybeans », *New England Journal of Medicine*, 334, 1996, p. 688-692.
- NOTEBORN, H.P.J.M. (coord.), *New Methodologies for Assessing the Potential of Unintended Effects in Genetically Modified Food Crops, Background and Objectives*, Research project, State Institute for Quality, Control of Agricultural Products (ROKILT), Wageningen, février 2000 à janvier 2003, (<http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/04-food/04-10-project.html>).
- NOTEBORN, H.P.J.M. (coord.), *Development of New Methods for Safety Evaluation of Transgenic Food Crops, Background and Objectives*, Research project, State Institute for Quality, Control of Agricultural Products (ROKILT), Wageningen, janvier 1995 à mai 1998, (<http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/04-food/04-05-project.html>).

- NUFFIELD COUNCIL ON BIOETHICS, *Genetically Modified Crops : the Ethical and Social Issues*, Londres, 1999.
- OCDE, *Report of Conference Rapporteurs, Bangkok Conference on Biotechnology Calls for Greater Transparency on GMOs*, News Release, Paris, 10 - 12 juillet 2001, 18 p., (www.oecd.org/media/release/nw01-68a.htm).
- OCDE, *GM Food Safety : Facts, Uncertainties, and Assessment*, The OECD Edinburgh Conference on the Scientific and Health Aspects of Genetically Modified Foods, Chairman's Report and Rapporteurs' Summary, Paris, 19 mai 2000, 14 p., [C(2000)86/ADD3].
- OCDE, *Compendium des activités et systèmes nationaux liés à la sécurité des aliments*, Secrétariat général, Groupe ad hoc sur la sécurité alimentaire, 16 mars 2001, 369 p., [SG/ADHOC/FS(2000)ANN/FINAL].
- OCDE, *Compte rendu*, Secrétariat Général, Groupe Interne de coordination pour la biotechnologie, SG/ICGB (98)1, Séminaire de l'OCDE sur les essais toxicologiques et nutritionnels des nouveaux aliments, 5-8 mars 1997, Paris, 51 p.
- OCDE, *Évaluation de l'innocuité des nouveaux aliments*, Secrétariat Général, Groupe Interne de coordination pour la biotechnologie, SG/ICGB (97)1, Résultats d'une enquête sur les banques de sérum destiné à l'expérimentation du pouvoir allergisant et sur l'utilisation des banques de données, Paris, 35 p.
- OCDE, *Intellectual Property Practices in the Field of Biotechnology*, Paris (France) 1^{er} février 1999.
- OCDE, *Manuel de protection de la biodiversité. Conception et mise en œuvre des mesures incitatives*, Paris, 1999, 187 p.
- OCDE, *Modern Biotechnology and Agricultural Markets : a Discussion of Selected Issues*, Paris, 20 décembre 2000.
- OCDE, *OECD consultation with non-governmental organisations on biotechnology and other aspects of food safety*, Summary, Donald Johnston, Secretary General, 1999.
- OCDE, *Qualité et sécurité alimentaire : Les dimensions commerciales*, Paris, Éditions de l'OCDE, 1999, 87 p.
- OCDE, *Rapport*, Groupe d'étude sur la sécurité des nouveaux aliments destinés à la consommation humaine et animale, C(2000)86/ADD1, Paris, 80 p.
- OCDE, *Se nourrir demain. Perspectives à long terme du secteur agroalimentaire*, Paris, Éditions de l'OCDE, 1998, 231 p.

- OFFICE DES NORMES GÉNÉRALES DU CANADA, *Étiquetage facultatif des aliments issus de la biotechnologie*, Norme C**/CGSB-32.315, Projet de norme pour les allégations volontaires relatives aux aliments issus ou non de technologies génétiques, juillet 2001, 12 p., (www.pwgs.gc.ca).
- OFFICE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY (UK), *The Advisory and Regulatory Framework for Biotechnology : Report from the Government Review*, Londres, Cabinet Office, Gouvernement du Royaume Uni, mai 1999.
- OFFICE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY (US), « Coordinated Framework for Regulation Biotechnology; Announcement of Policy and Notice for Public. Comment », *Federal Register*, vol. 51, n° 123, 26 juin 1986, p. 23302-23350.
- ONTARIO PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, *Protecting our Food Supply : Public Health Implications of Food Biotechnology*, A Position Paper for the OPHA, Toronto, novembre 2001, 27 p., (www.opha.on.ca).
- ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ, *Safety Aspects of Genetically Modified Foods of Plant Origin*, Genève, mai-juin 2000.
- OTT, Stephen L. et Matthew RENDLEMAN, « Economic Impact Associated with Bovine Somatotropin (BST) Use Based on Survey of US Dairy Herds », *AgBioForum*, vol. 3. n° 2-3, 2000, p. 173-180.
- PASCAL , Gérard et Christina COLLET-RIBBING, *La sécurité alimentaire des plantes transgéniques*, Centre national d'études et de recommandations sur la nutrition et l'alimentation (CNERNA), CNRS, Paris, 6 p., (www.cnrs.fr/SDV/pascal.html).
- PERRIER, Jean-Jacques, « La nouvelle querelle des OGM. Un ADN viral à risques? », *Biofutur*, 201, 2000, p. 28-30.
- PESSSEL, Fabrice et Pierre-Henri GOUYON, *Plantes transgéniques. Modélisation des risques associés aux cultures transgéniques*, CNRS, s.d., (www.cnrs.fr/SDV/gouyon.html).
- PHAM-DELÈGUE, Minh-Hà, *Plantes transgéniques : L'impact sur l'abeille domestique*, Paris, CNRS, (www.cnrs.fr/SDV/pham.html).
- PHILLIPS, P.W.B. et H. MCNEILL, *Étude des politiques nationales d'étiquetage des aliments génétiquement modifiés*, Ottawa, 13 septembre 2001, 12 p., (www.cbac-cccb.ca/english/news).
- POOL, Robert et Joan ESNAYRA, *Ecological Monitoring of Genetically Modified Crops : A Workshop Summary*, Washington D.C., National Research Council, 2000, 60 p.
- POTRYKUS, Ingo, « Golden Rice and Beyond », *Plant Physiology*, mars 2001, vol. 125, p. 1157-1161.
- POWLEDGE, Tabitha M., « Tobacco Pharming », *Scientific American*, octobre 2001, p. 25-26.

- PRAKASH, Channapatna, « The Genetically Modified Crop Debate in the Context of Agricultural Evolution », *Plant Physiology*, mai 2001, vol. 126, p. 8-15.
- PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DÉVELOPPEMENT, *Rapport mondial sur le développement humain 2001, Mettre les nouvelles technologies au service du développement humain*, Paris et Bruxelles, De Boeck Université, 2001, 264 p.
- QUIST, David et Ignacio H. CHAPELA, « Transgenic DNA Introgressed into Traditional Maize Landraces in Oaxaca, Mexico », *Nature*, 414, 6863, 29 novembre 2001, p. 541-543.
- READ, Deborah, *Use of Antibiotic Resistance Marker Genes in Genetically Modified Organisms*, Nouvelle-Zélande, ERMA, décembre 2000, 104 p.
- REGMI, Anita (ed.), *Changing Structure of Global Food Consumption and Trade*, USDA Economic Research Service, ERS WRS n° 01-1, Washington D.C., mai 2001, 111 p., (www.ers.usda.gov/publications/wrs011)
- RENARD, M. et A.-M. CHÈVRE, *Plantes transgéniques. Les risques liés à la dissémination du colza transgénique*, Paris, CNRS, (www.cnrs.fr/SDV/renard.html).
- REYNAERTS, A. (coord.), *Opportunities of Transgenic Food Crops for the Consumer and the Food Industry in the Community, Background and Objectives*, Research project, Aventis CropScience N.V., Gent, avril 1991 à mars 1994, (<http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/04-food/04-06-project.html>).
- ROY, Malabika et coll., « Review Article. Production of Agronomically Superior Transgenic Rice Plants Using Agrobacterium Transformation Methods : Present Status and Future Perspective », *Current Science*, vol. 79, n° 7, 10 octobre 2000, p. 954-960.
- ROYAL COMMISSION ON GENETIC MODIFICATION (Nouvelle- Zélande), *Rapport*, Auckland, 27juillet 2001, 742 p., (www.gmcommission.govt.nz).
- ROYAL SOCIETY OF LONDON, *Genetically Modified Plants for Food Use*, Londres, septembre 1998.
- ROYAL SOCIETY OF LONDON, *The Use of Genetically Modified Animals*, Londres, Science Advice Section, 2001.
- ROYAL SOCIETY OF LONDON et coll., *Transgenic Plants and World Agriculture*, National Academy Press, Washington D.C., 2000, 46 p., (www.nap.edu/html/transgenic).
- RUNGE, C. Ford et Lee Ann JACKSON, « Negative Labeling of Genetically Modified Organisms (GMOs) : The Experience of rBST », *AgBioForum*, 2000, vol. 3, n° 1, p. 58-62, (www.agbioforum.org/vol3no1ar9runge.htm).

- RUTTAN, Vernon W., *Biotechnology and Agriculture : « A Skeptical Perspective »*, *AgBioForum*, vol. 2, n° 1, 1999, p. 54-60, (www.agbioforum.org/vol2no1/ruttan.html).
- SAKAMOTO, Atsushi et Norio MURATA, « Update on Genetic Engineering. The Use of Bacterial Choline Oxidase, a Glycinebetaine-Synthesizing Enzyme, to Create Stress-Resistant Transgenic Plants », *Plant Physiology*, vol. 125, n° 1, janvier 2001, p. 180-188.
- SANER, Marc, *Rapport d'étape et commentaire sur le débat international au sujet du principe de précaution*, Comité consultatif canadien de la biotechnologie, Ottawa, décembre 2000.
- SANTÉ CANADA, *Lignes directrices relatives à l'évaluation de l'innocuité des aliments nouveaux*, Volumes 1 et 2, Ottawa, Direction des Aliments, Direction générale de la protection de la santé, septembre 1994, 21 p. et 27 p.
- SANTÉ CANADA, *Plan d'action du gouvernement du Canada en réponse au rapport du Comité d'experts de la Société royale du Canada. Éléments de précaution : recommandations pour la réglementation de la biotechnologie alimentaire au Canada*, Ottawa, 23 novembre 2001, 34 p.
- SANTÉ CANADA, *Soya GTS 40-3-2 tolérant le glyphosate*, Information sur des aliments nouveaux - Biotechnologie alimentaire, Ottawa, mai 2000.
- SCHUBBERT, R., R. LETTMAN et W. DOERFLER : « Ingested Foreign (phage M13) DNA Survives Transiently in the Gastrointestinal Tract and Enters the Bloodstream of Mice », *Molecules, Genes and Genetics*, 242, 1994, p. 495-504.
- SCIENCE AND TECHNOLOGY COMMITTEE (UK), *First Report*, Science and Technology Committee Publications, Scientific Advisory System : Genetically Modified Foods, Session 1998-99, 12 mai 1999, (<http://www.parliament.the-stationery-office.co.uk/pa/cm199899/cmselect/cmsctech/286/28602.htm>).
- SCRIBANT, René (dir.), *Biotechnologie*, Paris, Éditions Technique & Documentation, 1999.
- SÉRALINI, Gilles-Éric, *OGM, Le vrai débat*, Paris, Flammarion, Dominos, septembre 2000, 128 p.
- SHANAHAN, James, Detram SCHEUFELE, Bunjung LEE, « The Polls-trends. Attitudes about Agricultural Biotechnology and Genetically Modified Organisms », *Public Opinion Quarterly*, 65, 2, 2001.
- SHANE, Mathew et coll., « U.S. Agricultural Growth and Productivity : An Economywide Perspective », *Agricultural Economic Report*, n° 758 », Economic Research Service, USDA, Washington D.C., janvier 1998, 14 p.

- SHERWIN, Susan, *Vers l'établissement d'un cadre éthique adéquat pour l'élaboration de la politique en matière de biotechnologie*, préparé pour le Comité permanent de la bonne intendance du Comité consultatif canadien de la biotechnologie, Ottawa, s.d.
- SHOEMAKER, R. et coll., « Economic Issues in Agricultural Biotechnology », *ERS Agricultural Information Bulletin*, n° 762, USDA Economic Research Service, Washington D.C., mars 2001, 64 p., (www.ers.usda.gov/publications/aib762).
- SHRECKER, Ted et coll., *Biotechnologie, Éthique et Gouvernement*, Rapport au Groupe de travail interministériel sur l'éthique, Groupe de travail Stratégie canadienne en matière de biotechnologie, Ottawa, hiver 1998.
- SIEDOW, James N., « Feeding Ten Billion People. Three Views », *Plant Physiology*, mai 2001, vol. 126, p. 20-22.
- SILVY, Christine et Guy RIBA, « Les biopesticides : une grande famille », *Biofutur*, 207, janvier 2001, p. 22-23.
- SIMONET, Pascal et Xavier NESME, *Plantes transgéniques. Potentialités de dissémination aux micro-organismes du sol*, Paris, CNRS, (www.cnrs.fr/SDV/simonet.html).
- SNUSTAD, Peter et coll., *Principles of Genetics*, N.Y., John Wiley & Sons, 1997, 829 p.
- SOCIÉTÉ ROYALE DU CANADA, *Éléments de précaution : recommandations pour la réglementation de la biotechnologie alimentaire au Canada*, Rapport du groupe d'experts sur l'avenir de la biotechnologie alimentaire, Ottawa, 2001, 270 p., (www.rsc.ca/foodbiotechnology/indexFR.html).
- SOMMERVILLE, Chris, « The Genetically Modified Organism Conflict », *Plant Physiology*, août 2000, vol. 123, p. 1201-1202.
- SPEIGHT, M. R. et coll., *Ecology of Insects : Concepts and Applications*, Blackwell Science, 1999.
- STANHOPE, Michael J. et coll., « Phytogenetic Analyses Do Not Support Horizontal Gene Transfers from Bacteria to Vertebrates », *Nature*, vol. 411, 21 juin 2001, p. 940-944.
- STATISTIQUE CANADA, *Biotechnology Use and Development — 1999*, Catalogue 88F006X1E01007.
- STEWART JR., C. N., H. A. RICHARDS IV, M. D. HALFHILL, « Transgenic Plants and Biosafety : Science, Misconceptions and Public Perceptions », *Biotechniques*, vol. 29, 4, 2000, p. 832-843.

- SUBCOMMITTEE ON BASIC RESEARCH (US), *Seeds of Opportunity : An Assessment of the Benefits, Safety, and Oversight of Plant Genomics and Agricultural Biotechnology*, Nick Smith (Chairman), House of Representatives, Committee print 106-B, Washington D.C., 13 avril 2000, 84 p.
- SURRIDGE, Christopher (dir.), « Nature Insight. Plant Defence », *Nature*, vol. 411, 6839, 14 juin 2001, p. 825-868.
- TABASNIK, B. E. et coll., « Field Development of Resistance to *Bacillus Thuringiensis* in Diamondback Moth (*Lepidoptera : Plutellidae*) », *Journal of Economic Entomology*, 83, 1990, p. 1671-1676.
- TAPPESER, Beatrix, *Open Questions in the Risk Assessment on Novel Food from the View of Consumer Protection*, Ökoinstitut Freiburg e.V. - Institute for Applied Ecology, 7 p., (<http://homepages.tu-darmstadt.de/~gassen/Workshop/Proceeding%20Tappeser>).
- THOMPSON, C.J. (coord.), *Analysis of Gene Transfer Between Micro-Organisms and Plants, Background and Objectives*, Research project, Institut Pasteur, Paris, octobre 1991 à mars 1994, (<http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/01-plants/01-01-project.html>).
- THOMPSON, Paul, « Biotechnologie alimentaire et agricole : des questions éthiques derrière des choix politiques », *The IPTS Report*, n° 50, décembre 2000.
- THOMPSON, Paul, *Intégration de facteurs d'éthique à la biotechnologie alimentaire et agricole*, Comité de direction du projet sur la réglementation des aliments génétiquement modifiés, Comité consultatif canadien de la biotechnologie, Ottawa, octobre 2000.
- TRANSFERT ENVIRONNEMENT INC., *Rapport du Colloque « Défis et enjeux des organismes génétiquement modifiés »*, Congrès de l'ACFAS, Université de Montréal, 16 mai 2000, 36 p.
- TRAXLER, Greg et coll., *Transgenic Cotton in Mexico : Economic and Environmental Impacts (Abstract)*, CIMMYT/ISNAR, (www.biotech-info.net/Bt_cotton_Mexico.html).
- TRAXLER, Greg et coll., « The Distribution of Benefits from the Introduction of Transgenic Cotton Varieties », *AgBioForum*, vol. 2, n° 2, 1999, p.94-98, (www.agbioforum.org/vol2no2/traxter.html).
- TRAYNOR, Patricia L et James H. WESTWOOD, (dir.), *Proceedings, Workshop on : Ecological Effects of Pest Resistance Genes in Managed Ecosystems*, 1999, Blacksburg VA, Information Systems for Biotechnology, Virginia Polytechnic Institute and State University, 1999, 131 p.
- TREWAVAS, Anthony J., « The Population/Biodiversity Paradox, Agricultural Efficiency to Save Wilderness », *Plant Physiology*, 125, janvier 2001, p. 174-179.

- TRIAS, Octavi Quintana, « La participation du public aux décisions sociales : le cas de la science et le rôle des comités d'éthique », *The IPTS Report*, n° 55, juin 2001.
- TURCOTTE, MICHEL, « La bataille des OGM : survol des positions et des solutions canadienne, américaine et européenne », *Revue juridique Thémis*, Vol. 34, n° 3, p. 625-658.
- TWEETEN, Luther, *Agribusiness Concentration Implications for Farmers and Consumers*, Paper presented at Millennium Conference on Concentration, Kansas City, 10 mai 2000, 9 p.
- UNBEHAUN, H. et coll., « Investigation into the Biotechnological Modification of Wood and its Application in the Wood-Based Material Industry », *Acta Biotechnol.*, vol. 20, n° 3-4, 2000, p. 305-312.
- UNESCO, « Dossier. De la faim aux OGM. Les pays ripostent », *Le Courrier UNESCO*, janvier 2001, p. 16-37.
- UNESCO, *Science for the Twenty-first Century. A New Commitment*, World Conference on Science, UNESCO, Paris, 2000.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAM, *Convention sur la diversité biologique*, Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique, juin 1992, 33 p., [www.biodev.org].
- US DEPARTMENT OF AGRICULTURE (APHIS), « Genetically Engineered Organisms and Products; Simplification of Requirements and Procedures for Genetically Engineered Organisms », *Federal Register*, vol. 62, n° 85, 2 mai 1997, p. 23945-23958.
- US DEPARTMENT OF AGRICULTURE (APHIS), « Genetically Organisms and Products : Notification Procedures for the Introduction of Certain Regulated Articles; and Petition for Nonregulated Status », *Federal Register*, vol. 58, n° 60, 31 mars 1993, p. 17044-17059, [7 CFR Part 340], (www.aphis.usda.gov/bbep/bp/393rule.txt).
- US DEPARTMENT OF AGRICULTURE (APHIS), « Introduction of Organisms and Products Altered or Produced through Genetic Engineering Which are Plant Pests or Which There is Reason to Believe are Plant Pests », *Federal Register*, vol. 52, n° 115, 16 juin 1987, 51 p., [7 CFR Parts 330 and n° 340], (www.aphis.usda.gov/bbep/bp/687rule.txt).
- US DEPARTMENT OF AGRICULTURE, *Economic Issues in Agricultural Biotechnology*, Washington D.C., mars 2001.
- US DEPARTMENT OF AGRICULTURE, US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY et COMMUNICABLE DISEASE PREVENTION CONTROL, *Food Safety From Farm To Table : A National Food Safety Initiative*, Report To The President, mai 1997, 44 p., (<http://vm.cfsan.fda.gov/~dms/fsreport.html>).

- US ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, *Biopesticides Registration Action Document. Revised Risks and Benefits Sections, Bacillus thuringiensis Plant-Pesticides*, Office of Pesticide Programs, 16 juillet 2001, Washington D.C., 11 p.
- US OFFICE OF PREVENTION, *Pesticide Fact Sheet. Bacillus thuringiensis sub-species kurstaki CryIA(c) Delta-Endotoxin and the Genetic Material Necessary for Its Production in Corn*, Agency of Toxic Substances, Washington D.C., mars 1997, 25 p., (www.epa.gov/fedrgstr/EPA_PEST/1997/September/Day-10/corn.htm).
- US OFFICE OF PREVENTION, *Pesticide Fact Sheet. Bacillus thuringiensis subspecies kurstaki CryIA(b) Delta-Endotoxin and the Genetic Material Necessary for Its Production (Plasmid Vector pZ01502) in Corn*, Agency of Toxic Substances, Washington D.C., août 1997, 25 p., (www.epa.gov/fedrgstr/EPA_PEST/1997/September/Day-10/corn.htm).
- US SENATE, *Concerns Over Biotechnology Challenge US Agricultural Exports*, Committee of Finance, US GAO, juin 2001, 29 p., [GAO-01-727].
- USSUF, K. K., N. H. LAXMI, R. MITRA, « Proteinase Inhibitors : Plant-derived Genes of Insecticidal Protein for Developing Insect-Resistant Transgenic Plants », *Current Science — New Delhi*, vol. 80, 7, 2001, p. 847.
- VIVIEN, Franck-Dominique, « Quel prix accorder à la biodiversité? », *La Recherche*, n° 333, juillet-août 2000.
- VOSSSEN VAN DE, J.M.B.M. (coord.), *Safety Evaluation of Horizontal Gene Transfer from Genetically Modified Organisms to the Microflora of the Food Chain and Human Gut, Background and Objectives*, Research project, TNO Nutrition and Food, Research Institute, Zeist, février 2000 à février 2003,
(<http://europa.eu.int/comm/research/quality-of-life/gmo/04-food/04-07-project.html>).
- WALTZ, Daniel, (dir.), *Préoccupations des québécois envers les OVM/OGM*, Rapport de l'Observatoire de l'écopolitique internationale, Institut des sciences de l'environnement, UQAM, juillet 2001, 32 p.
- WEST, Gale E. et coll., *Production Methods and the Functional Properties of Foods : Descriptive Results from a Canadian Household Survey*, Centre de recherche en économie agroalimentaire (CRÉA), Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels, Université Laval, novembre 2001, 10 p.
- WEST, Gale E. et coll., *Consumers' Valuation of Functional Properties of Foods : Results from a Canadian-Wide Survey, (Présentation)*, Centre de recherche en économie agroalimentaire (CRÉA), Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels, Université Laval, 23 novembre 2001, 28 p.

- WOLF, Diana E. et coll. : « Predicting the Risk of Extinction Through Hybridization », *Conservation Biology*, 15, 2001.
- WOLFENBARGER, L. L. et P. R. PHIFER, « The Ecological Risks and Benefits of Genetically Engineered Plants », *Science*, vol. 290, 15 décembre 2000, p. 2088-2093.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION, *Bacillus Thuringiensis*, International Programme of Chemical Safety, Environmental Health Criteria 217, 1999, 65 p., (www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc217.htm).
- ZHANG, Hong-Xia et Eduardo BLUMWALD, « Transgenic Salt-Tolerant Tomato Plants Accumulate Salt in Foliage but Not in Fruit », *Nature Biotechnology*, vol. 19 n° 8, 2001, p. 765-768.

Sigles et acronymes

AAAAI	American Academy of Allergy, Asthma and Immunology
AAAS	American Association for the Advancement of Science
AAE	Autorité alimentaire européenne
ACFAS	Association canadienne-française pour l'avancement des sciences
ACIA	Agence canadienne d'inspection des aliments
ACNFP	Advisory Committee on Novel Foods and Processes
ADN	Acide désoxyribonucléique
AEBC	Agriculture and Environment Biotechnology Commission
AFSSA	Agence française de sécurité sanitaire des aliments
AGM	Aliment génétiquement modifié
ALÉNA	Accord de libre-échange nord-américain
AMA	American Medical Association
ANZFSC	Australia-New Zealand Food Standards Council
APHIS	Animal and Plant Health Inspection Service (USA)
ARMS	American Resource Management Study
ARN	Acide ribonucléique
BINAS	Biosafety Information Network and Advisory Service
Bt	Bacillus thuringiensis
CCA	Commission du Codex Alimentarius
CCCB	Comité consultatif canadien de la biotechnologie
CCDA	Conseil canadien de la distribution alimentaire
CCE	Commission des communautés européennes
CCMD	Comité de la coordination ministérielle de la biotechnologie
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CE	Commission européenne
CEE	Commission économique européenne
CETIOM	Centre technique interprofessionnel des oléagineux métropolitains
CGP	Commissariat général du plan (France)
CNA	Conseil national de l'alimentation (France)
CNRC	Conseil national de recherches du Canada
CNRS	Centre national de la recherche scientifique

CORPAQ	Conseil des recherches en pêche et en agroalimentaire du Québec
CRDI	Centre de recherche pour le développement international
CRÉA	Centre de recherche en économie agroalimentaire
CRSNG	Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada
CSA	American Medical Association Council on Scientific Affairs
CST	Conseil de la science et de la technologie (Québec)
DEFRA	Department for Environment, Food & Rural Affairs (UK)
DHHS	Department of Health and Human Services (USA)
EC	European Commission
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
FAO	Food and Agriculture Organization
FDA	Food and Drug Administration (USA)
FFDCA	Federal Food, Drug, and Cosmetic Act (USA)
FIFRA-SAP	Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act-Scientific Advisory Panel
FPCCQ	Fédération des producteurs de cultures commerciales du Québec
FSA	Food Standards Agency (UK)
FSIS	Food Safety and Inspection Service (USA)
GATT	General Agreement on Tariffs and Trade
GM	Génétiquement modifié
GRAS	Generally Recognized as Safe
HACCP	Hazard Analysis Critical Control Point
INAF	Institut des nutraceutiques et des aliments fonctionnels
INRA	Institut national de la recherche agronomique
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
IRDA	Institut de recherche-développement en agro-environnement
IRRI	Institut international de recherche sur le riz
ISAAA	International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications
ISO	International Organization for Standardization
MAPAQ	Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec
MENV	Ministère de l'Environnement du Québec
MRC	Medical Research Council

MRST	Ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie (Québec)
NABC	National Agricultural Biotechnology Council
OCDE	Organisation de coopération et de développement économique
OGM	Organisme génétiquement modifié
OMC	Organisation mondiale du commerce
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONG	Organismes non gouvernementaux
ONGC	Office des normes générales du Canada
OPC	Office de la protection du consommateur
OPHA	Ontario Public Health Association
OPPTS	Office of Prevention, Pesticides, and Toxic Substances
OSTP	Office of Science and Technology Policy (USA)
OVM	Organisme vivant modifié
PCR	Polymerase Chain Reaction
PNUD	Programme des Nations Unies pour le développement
SCIA	Système canadien d'inspection des aliments
SIRU	Système d'information sur la recherche universitaire
SRC	Société royale du Canada
UE	Union européenne
UNEP	United Nations Environment Program
UPA	Union des producteurs agricoles
UPOV	Union pour la protection des obtentions végétales
UQAM	Université du Québec à Montréal
USDA	United States Department of Agriculture
VCN	Végétal à caractères nouveaux
VRTP	Virus-Resistant Transgenic Plants
WHO	World Health Organisation

Liste des tableaux

Tableau 1	Comparaison entre l'hybridation classique et la transgénèse	11
Tableau 2	Principales cultures transgéniques dans le monde, 2000	13
Tableau 3	Superficies consacrées à des cultures transgéniques dans le monde par culture, en millions d'hectares, 1996 à 2000	51
Tableau 4	Cultures transgéniques par pays, 1999, 2000 (millions d'hectares)	53
Tableau 5	Superficies consacrées à certaines cultures transgéniques aux États-Unis, 1996 à 2001, en pourcentages	53
Tableau 6	Superficies consacrées à différentes cultures au Québec, cultures OGM et cultures totales , en milliers d'hectares, 1999 à 2001	54
Tableau 7	Production des principales cultures en 2001, en milliers de tonnes métriques (estimation, Canada, Ontario et Québec)	55
Tableau 8	Offre et demande de maïs et de soya au Québec, 2000-2001, en milliers de tonnes métriques	55
Tableau 9	Ventes de produits et dépenses de R-D des principales entreprises agrochimiques, 2000, en millions de dollars US	59
Tableau 10	Activités des entreprises en biotechnologie par secteur, au Canada, 1999	61
Tableau 11	Nombre de firmes de biotechnologie par secteur et par province, 1999	62
Tableau 12	Nombre de produits et processus développés par les firmes canadiennes de biotechnologie, à toutes les étapes de développement, par secteur et par province, 1999	63
Tableau 13	Personnel de recherche en équivalent temps plein (ETP) dans le secteur public canadien selon le domaine de recherche agroalimentaire, 1991 à 1996	65
Tableau 14	Répartition entre les provinces de l'effort de recherche du secteur public dans le domaine agroalimentaire, ETP, 1996	65

Tableau 15	Dépenses intra-muros de l'administration fédérale pour la R-D en biotechnologie, 1997 à 2000, en millions de dollars	67
Tableau 16	Financement des centres provinciaux de recherche agricole, 1988 à 1998, millions de dollars constants de 1992	67
Tableau 17	Nouvelles subventions accordées par le MAPAQ dans son programme d'aide à la recherche, 1998-1999 à 2001-2002	68
Tableau 18	Bourses et subventions de recherche accordées par le CRSNG, sur les OGM, 1995-1996 à 2000-2001	69
Tableau 19	Systèmes d'approbation des OGM dans l'Union européenne, aux États-Unis et au Canada	78
Tableau 20	Quelques exemples de réglementations nationales sur l'étiquetage des aliments GM	91
Tableau 21	Essais en champs confinés d'OGM au Québec, 1995 à 2000, et pourcentage du total canadien	95
Tableau 22	Résultats de l'Eurobaromètre 1997 et de l'Eurobaromètre 2000, sur des questions portant sur la modification génétique d'organismes, pourcentage du nombre de répondants en accord avec les citations ..	105

Liste des graphiques

Graphique 1	Nature de la modification génétique des quatre grandes cultures transgéniques	14
Graphique 2	Évolution des surfaces consacrées aux cultures transgéniques dans le monde, 1995 à 2001, en millions d'hectares	52
Graphique 3	Évolution de la R-D publique et privée dans le secteur agroalimentaire, aux États-Unis, 1970-1998, en millions de dollars constants de 1998	64
Graphique 4	Dépenses de R-D d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, 1991 à 1999, en dollars constants de 1992 . .	66