

2003s-46

Propagation des risques biotechnologiques : Le cas du maïs StarLink

Caroline Debuissy

Série Scientifique
Scientific Series

Montréal
Août 2003

© 2003 Caroline Debuissy. Tous droits réservés. *All rights reserved.* Reproduction partielle permise avec citation du document source, incluant la notice ©.

Short sections may be quoted without explicit permission, if full credit, including © notice, is given to the source.

CIRANO

Le CIRANO est un organisme sans but lucratif constitué en vertu de la Loi des compagnies du Québec. Le financement de son infrastructure et de ses activités de recherche provient des cotisations de ses organisations-membres, d'une subvention d'infrastructure du ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie, de même que des subventions et mandats obtenus par ses équipes de recherche.

CIRANO is a private non-profit organization incorporated under the Québec Companies Act. Its infrastructure and research activities are funded through fees paid by member organizations, an infrastructure grant from the Ministère de la Recherche, de la Science et de la Technologie, and grants and research mandates obtained by its research teams.

Les organisations-partenaires / The Partner Organizations

PARTENAIRE MAJEUR

. Ministère du développement économique et régional [MDER]

PARTENAIRES

. Alcan inc.
. Axa Canada
. Banque du Canada
. Banque Laurentienne du Canada
. Banque Nationale du Canada
. Banque Royale du Canada
. Bell Canada
. Bombardier
. Bourse de Montréal
. Développement des ressources humaines Canada [DRHC]
. Fédération des caisses Desjardins du Québec
. Gaz Métropolitain
. Hydro-Québec
. Industrie Canada
. Ministère des Finances [MF]
. Pratt & Whitney Canada Inc.
. Raymond Chabot Grant Thornton
. Ville de Montréal

. École Polytechnique de Montréal
. HEC Montréal
. Université Concordia
. Université de Montréal
. Université du Québec à Montréal
. Université Laval
. Université McGill

ASSOCIÉ À :

. Institut de Finance Mathématique de Montréal (IFM²)
. Laboratoires universitaires Bell Canada
. Réseau de calcul et de modélisation mathématique [RCM²]
. Réseau de centres d'excellence MITACS (Les mathématiques des technologies de l'information et des systèmes complexes)

Les cahiers de la série scientifique (CS) visent à rendre accessibles des résultats de recherche effectuée au CIRANO afin de susciter échanges et commentaires. Ces cahiers sont écrits dans le style des publications scientifiques. Les idées et les opinions émises sont sous l'unique responsabilité des auteurs et ne représentent pas nécessairement les positions du CIRANO ou de ses partenaires.

This paper presents research carried out at CIRANO and aims at encouraging discussion and comment. The observations and viewpoints expressed are the sole responsibility of the authors. They do not necessarily represent positions of CIRANO or its partners.

Propagation des risques biotechnologiques : Le cas du maïs StarLink*

Caroline Debuissy[†]

Résumé / Abstract

Ce document présente en quatre parties le cas du maïs StarLink. L'Environmental Protection Agency (EPA) a autorisé sa commercialisation aux États-Unis en 1998 seulement pour l'alimentation animale ou pour l'utilisation industrielle à des fins non alimentaires, car il présentait des risques d'allergies pour la consommation humaine. À la suite d'événements défavorables, ce maïs a été disséminé involontairement dans l'environnement et dans les produits alimentaires vendus sur le marché américain et le marché extérieur. Cette étude de cas du maïs StarLink aborde dans une première partie le contexte dans lequel cette variété de maïs a été élaborée et commercialisée, et les événements qui ont abouti à une situation indésirée. La deuxième partie présente les impacts de la propagation incontrôlée du maïs StarLink sur les différents acteurs concernés. La troisième partie expose les points saillants mis en évidence par le cas du maïs StarLink au sujet des risques liés à l'utilisation des OGM. Et pour finir la quatrième partie conclut cette analyse du cas du maïs StarLink en présentant les facteurs de risques environnementaux et organisationnels et également l'utilité du principe de précaution dans ce genre de situation.

Mots clés : OGM, maïs StarLink, risques, impacts des OGM, système de régulation, industrie agro-alimentaire, facteurs de risques, principe de précaution.

This document presents the StarLink corn case in four sections. The StarLink corn had been approved by the Environmental Protection Agency (EPA) in 1998 for use only in animal food and other non-alimentary industrial products, due to the potential human allergy reactions. But in September 2000, StarLink corn was found in the human food supply sold in the American market, in exportation of corn and in the environment. The first section of this StarLink corn case study shows the context where this corn was created and marketed, and different events that ended up in contamination of the food system and of the environment. The second section explains StarLink economics impacts resulting of this spreading in the food system and its consequences for the Government Sector. The third section addresses the StarLink corn case and the risks of GMO; point to issues of the future: current regulatory system and public policies. In the fourth section concludes the StarLink case and issues related to environmental risk factors, organizational risk factors and use of precautionary principle are discussed.

Keywords: *GMO, StarLink corn, risk, impact of GMO, regulatory system, food system, risk factors, precautionary principle.*

* Cette étude a été réalisée sous la supervision de Bernard Sinclair-Desgagné, Fellow au CIRANO, titulaire de la Chaire d'Économie internationale et de Gouvernance et Professeur à HEC Montréal.

[†] Professionnelle de recherche au CIRANO.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1. LA MISE EN CONTEXTE	2
1.1. L’historique	2
1.2. La prise de risque	5
2. LES IMPACTS	8
2.1. Les différents maillons de la chaîne agro-alimentaire contaminés par le maïs StarLink	8
2.2. Les impacts économiques de la contamination au maïs StarLink	11
3. LES POINTS SAILLANTS MIS EN ÉVIDENCE	22
3.1. Les mesures correctives	22
3.2. Les incertitudes lors de la prise de décision	24
4. L’ANALYSE DU CAS DU MAÏS STARLINK	29
4.1. Les facteurs de risques environnementaux	31
4.2. Les facteurs de risques organisationnels	33
4.3. L’utilité du principe de précaution	36
CONCLUSION	39
RÉFÉRENCES	41

INTRODUCTION

La découverte illégale du maïs StarLink™ dans l'alimentation humaine, en septembre 2000 aux Etats-Unis, a soulevé de nombreuses polémiques au sujet de l'utilisation des organismes transgéniques dans le secteur agro-alimentaire et de leurs impacts possibles sur l'économie, la santé des consommateurs et l'environnement. L'industrie agro-alimentaire représente un méga-système qui relie de nombreux acteurs, directs et indirects, tels que les industries agro-chimiques, les industries semencières, les industries agro-alimentaires de transformations et de distributions, les agriculteurs et aussi, les organisations gouvernementales qui élaborent des règlements pour les cultures et ce, avec ou sans restrictions. Les consommateurs occupent une place importante dans la mesure où ils sont les clients de ce système et que leurs pressions influent sur l'avenir de cette méga-industrie. L'environnement représente une entité qui peut subir les conséquences négatives ou positives, à la suite des actions prises par le secteur industriel. Et le caractère incontrôlable de l'environnement avec certains de ces aspects peu connus (ex : dispersion du pollen) peut desservir les acteurs concernés. De plus, les pays sont liés entre eux à travers des liens commerciaux et des liens environnementaux. C'est pourquoi, lorsqu'un problème survient ou peut survenir dans le système alimentaire, les impacts peuvent se répercuter à tous les niveaux et de façon plus ou moins maîtrisable. L'étude de cas du maïs StarLink présente les risques économiques pour les différents acteurs, de la dissémination d'une variété d'organisme génétiquement modifié (OGM), alors que subsiste un manque de connaissances quant à ses impacts sur la santé et l'environnement. Ce document présente en quatre chapitres l'étude de cas du maïs StarLink. Le premier chapitre met en contexte les raisons qui ont conduit à la création et à l'utilisation du maïs StarLink et les événements qui ont mené à la prise de risque. Le deuxième chapitre montre l'ampleur des impacts de la dissémination du maïs StarLink sur les différents acteurs reliés plus ou moins directement au circuit agro-alimentaire. Le troisième chapitre présente les points saillants mis en évidence par le cas du maïs StarLink et les difficultés à contrôler la dissémination d'un OGM lorsque ce dernier s'avère potentiellement impropre à la consommation humaine, en regard des projets de commercialisation de nouveaux OGM. Finalement, le quatrième chapitre propose l'analyse de cas du maïs StarLink, avec les différents facteurs environnementaux et organisationnels, qui ont contribué à cette situation indésirée et la présentation succincte du Principe de précaution comme outil de gestion des risques.

1. LA MISE EN CONTEXTE

Pour comprendre les causes qui ont mené à la dissémination incontrôlée du maïs StarLink dans l'alimentation humaine, il faut déterminer pour quelles raisons il a été créé (quels avantages présentait-il par rapport aux autres OGM) et quel était le rôle des acteurs en jeu. Ces différents points seront abordés dans la première section. Fort de ces connaissances, une deuxième section présentera l'enchaînement des événements qui ont conduit à la matérialisation d'une situation indésirée.

1.1. L'historique

Le maïs StarLink est une variété de maïs jaune qui a été génétiquement modifiée par les techniques du génie génétique pour sécréter une protéine appelée Cry9C à caractère insecticide. Cette protéine est codée par un gène (*cry9C*) qui provient de la bactérie *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) de la sous-espèce *tolworthi*. La bactérie *Bt*, présente dans le sol, sécrète naturellement différentes toxines qui sont utilisées à des fins commerciales depuis une trentaine d'années (en pulvérisation aérienne) pour contrôler de nombreux insectes nuisibles pour les cultures (CIRAD, 2001)¹. C'est le principal insecticide biologique utilisé actuellement. Depuis l'essor des organismes transgéniques dans le domaine agro-alimentaire, le génome de cette bactérie est exploité par l'industrie agro-alimentaire pour fabriquer des plantes transgéniques insecticides². Mais comme tout pesticide, celui-ci voit son efficacité diminuer avec le développement de résistance par les insectes visés (Purdue News, 1998). Or, certains scientifiques prétendent que les plantes transgéniques peuvent présenter de plus grande concentration de toxines insecticides que leurs homologues non transformés. Par conséquent, les pressions de sélection provoquées sur les insectes visés par les plantes-insecticides sont plus fortes et les insectes développent plus rapidement une résistance à ces protéines toxiques (Roush *et al.*, 1996). Toutefois, ce sujet demeure controversé entre les scientifiques (Cannon, 2000). Néanmoins, les chercheurs élaborent des programmes de gestion de résistance aux insecticides qui tendent, entre autres, à utiliser différentes variétés de bactéries *Bt*, mais aussi différentes protéines à caractère

¹ Centre de coopération internationale de recherche agronomique pour le développement, 2001, <http://www.cirad.fr/presentation/idr/bt.htm>

² Ce sont des plantes transgéniques qui sécrètent des toxines insecticides par elles-mêmes (principalement les protéines Cry1A).

insecticide³ et ceci, afin de mieux maîtriser biologiquement le développement de résistance des insectes visés (Whalon and Norris, 1996 ; Wierenga *et al.*, 1996).

La pyrale du maïs (*Ostrinia nubilalis*) est l'insecte qui inflige les plus importants dommages pour les cultures aux Etats-Unis et au Canada. Les entomologistes estiment que les pertes économiques résultant des dommages de cet insecte et de son contrôle s'élèvent à 1 milliard de dollars US chaque année. Ce dernier présente deux cycles de vie par saison, où la seconde génération est la plus virulente (Bhatia *et al.*, 2000 ; Witkowski *et al.*, 1997). L'intérêt de la protéine Cry9C réside dans son pouvoir à contrôler la première et la deuxième génération de la pyrale du maïs (Jansens, 1997 ; Lambert *et al.*, 1996). Or, la lutte de cet insecte ravageur nécessite normalement l'utilisation de plusieurs insecticides (chimiques et/ou biologiques), ce qui ne facilite pas son contrôle par les agriculteurs. De plus, cette protéine n'agit pas de la même façon que les protéines Cry couramment utilisées (Cry1A) (Lambert *et al.*, 1996 ; Reed et Halliday, 2001). En effet, les protéines Cry9C et Cry1A détruisent les insectes d'après le même mode d'action : lorsque l'insecte visé ingère la plante qui contient l'une ou l'autre de ces protéines insecticide, chacune se fixe aux récepteurs de la membrane de sa paroi intestinale et la perce (CIRAD, 2001 ; Lambert *et al.*, 1996). Néanmoins, la protéine Cry9C ne se lie pas au même récepteur que la protéine Cry1A. Comme la protéine Cry9C est moins utilisée que la protéine Cry1A, il serait possible, grâce à elle, de retarder le développement de la résistance des insectes ravageurs aux plantes-insecticides élaborées par les industries après de nombreuses années de recherche⁴.

Ce maïs StarLink a été mis au point et exploité en 1998 par l'industrie Plant Genetic System (PGS). En octobre 1998, la technologie du maïs StarLink a été vendue à la compagnie américaine AgrEvo et en février 2000, AgrEvo et Rhone-Poulenc Ag Company ont fusionné pour fonder Aventis, une industrie franco-allemande (Taylor et Tick, 2001). L'organisation Aventis se consacre aux activités reliées au domaine pharmaceutique et au domaine agro-chimique. Cette dernière branche est tenue, entre autres, par Aventis CropScience et fait partie des quatre premières industries d'importance dans le domaine de l'agro-alimentaire, derrière Monsanto, Novartis et Dupont de Nemours (UIPP, 2002)⁵.

³ Par exemple, les protéines Cry3A et Cry3C sont utilisées contre le doryphore de la pomme de terre (*Leptinotarsa decemlineata*), les protéines Cry1Ac, Cry1Ab contre les vers de l'épi de maïs (*Heliothis zea*), Cry1Ab, Cry1Ac et la protéine Cry9C contre des lépidoptères du maïs (pyrale du maïs) (Schuler *et al.*, 1998 ; Witkowski *et al.*, 1997).

⁴ Le temps requis entre l'élaboration et la commercialisation d'un nouvel OGM s'étale sur environ 10 ans.

⁵ Union des industries de la protection des plantes, février 2002, <http://www.uipp.org/>

Aventis CropScience a réalisé un chiffre d'affaires de 4 milliards d'euros en 2000 et emploie 15 300 personnes dans plus de 120 pays (Aventis, 2001)⁶. En avril 2002, la branche agro-chimique d'Aventis (Aventis CropScience) a été rachetée par le chimiste allemand Bayer⁷, qui a pris le soin d'exclure les frais de justice afférents au dossier StarLink. Ainsi, Aventis va se consacrer aux recherches pharmaceutiques (Le Bulletin, 2002)⁸.

À partir de 1998, l'Environmental Protection Agency (EPA) a émis des restrictions quant à la culture et à la commercialisation du maïs StarLink aux Etats-Unis, car la protéine Cry9C présentait une caractéristique allergène (plus faible décomposition que la protéine Cry1A, dans des conditions artificielles de digestion). Cette variété de maïs devait alors être utilisée seulement pour la consommation animale et pour l'industrie non alimentaire (ex : fabrication d'éthanol). En 1998, cette variété a été cultivée sur 5 000 hectares (ha) avec une production approximative de 1,5 milliard de boisseaux. En 1999, les surfaces cultivées se sont élevées à 125 000 ha, ce qui représente 37,5 milliards de boisseaux. En 2000, 3 291 agriculteurs ont cultivé cette variété sur 175 000 ha, ce qui a produit 49,1 milliards de boisseaux (tableau 1) (Aventis, 2001 ; FIFRA, 2001). De plus, à une distance de 660 pieds autour des cultures de maïs StarLink, une zone tampon de maïs non StarLink a été plantée, dans le but de protéger les autres cultures de la pollinisation croisée. En 2000, cette zone comprenait 84 000 hectares de maïs (Washington Post, 19/10/00). Le tableau 1 répertorie ces différents chiffres.

Tableau 1 : Superficie des cultures de maïs StarLink avec le pourcentage de ces cultures et le volume des récoltes produites par les agriculteurs américains de 1998 à 2000.

	1998	1999	2000
Superficie (en hectares)	5 000	125 000	175 000
Pourcentage du StarLink par rapport aux autres variétés de maïs	0,01	0,32	0,43
Production (en milliards de boisseaux)	1,5	37,5	49,1

Sources : Aventis, 2001 ; FIFRA, 2001.

⁶ Aventis CropScience, 2 octobre 2001, <http://www.aventis-cropscience-france.fr/>

⁷ Bayer CropScience, 2 octobre 2002, <http://www.news.bayer.com/News/News.nsf/id/2002-0293>

⁸ Le Bulletin, 8 mars 2002, <http://www.lebulletin.com/actualite/0203/020311zc.cfm>

Aux Etats-Unis, les organisations responsables de la réglementation des aliments avant leur commercialisation sont l'Environmental Protection Agency (EPA), la Food and Drug Administration (FDA) et le United States Department of Agriculture (USDA). L'USDA, avec ces différentes agences, est responsable de la réglementation et de la surveillance de l'utilisation de la biotechnologie pour les produits agricoles. Elle est responsable d'évaluer si les cultures transgéniques présentent un risque pour les cultures existantes et autorise la commercialisation avec ou sans suivi, dépendamment du risque potentiel. La Grain Inspection, Packers and Stockyards Administration (GIPSA), qui est l'une de ces agences, a pour mission de favoriser la vente des céréales et des oléagineux en fournissant des critères de qualité et des services d'inspections (Taylor and Tick, 2001 ; USDA, 2002⁹). Pour les OGM produisant des insecticides, l'EPA détermine si les effets sur l'environnement sont acceptables (ce rôle relève de la responsabilité de son agence la Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act : FIFRA). L'EPA évalue également si la consommation d'un OGM produisant un insecticide ne présente pas de risque pour la santé, selon une certaine concentration d'insecticide (responsabilité de la Federal Food, Drug and Cosmetic Act : FFDCA) (Taylor and Tick, 2001). La FDA vérifie, pour sa part, la pertinence scientifique des études toxicologiques réalisées par l'industrie (analyses des composants autres que les pesticides) afin d'assurer la sécurité des consommateurs par rapport à ces produits alimentaires. Toutefois, elles ne s'occupent pas des viandes et volailles (FDA, 1996 ; Taylor and Tick, 2001). En revanche, la surveillance post-approbation des aliments relève du ressort de l'EPA et de la FDA. L'EPA doit assurer que les cultivateurs et les entités ayant reçu un enregistrement utilisent les cultures génétiquement modifiées en conformité avec la réglementation. Pour sa part, la FDA est responsable de vérifier que le commerce des aliments est réalisé en conformité avec la réglementation (Taylor and Tick, 2001).

1.2. La prise de risque

La matérialisation d'impacts indésirables résulte de l'enchaînement d'un ou plusieurs événements. En effet, le risque correspond à une probabilité, une éventualité qu'un événement survienne et entraîne certains impacts (Denis, 1998). Le cas du maïs StarLink illustre la prise de risque, qui met en évidence les liens entre les événements et les impacts indésirables.

⁹ USDA, 5 mars 2002, <http://www.usda.gov/agencies/biotech/role.html>

❖ *Le risque pris par le gouvernement et l'industrie*

Alors que le maïs StarLink était suspecté impropre à la consommation humaine, car la protéine Cry9C était susceptible de provoquer des allergies, l'EPA a néanmoins accordé une autorisation limitée pour l'utilisation de cette variété. Les pressions exercées par l'industrie agro-chimique PGS sur l'EPA lui ont donné gain de cause et cette variété de maïs a pu être finalement cultivée, seulement pour la consommation animale et pour des fins industrielles (production d'éthanol). En mai 1998, l'EPA a publié dans le *Federal Register*, un règlement accordant la tolérance des résidus d'ADN cry9C et des protéines Cry9C, pour l'utilisation de ce maïs seulement pour l'alimentation animale (les viandes, la volaille, les œufs et le lait pouvaient provenir d'animaux nourris par cette variété de maïs) (*Federal Register*, 1998)¹⁰.

Dans le cas présent, le risque correspond à l'induction de réaction allergique chez les consommateurs, à la suite de la présence accidentelle de maïs StarLink dans l'alimentation humaine et de sa consommation. Ce risque dépend de la probabilité que certains événements engendrent son entrée dans l'alimentation et de la probabilité que ce maïs induise des réactions allergiques chez les consommateurs (impacts).

❖ *La chaîne d'événements*

Plusieurs aspects du système de gestion des cultures transgéniques (assuré par le gouvernement, l'industrie et les agriculteurs) ont conduit l'industrie agro-chimique propriétaire de la technologie StarLink et le gouvernement (EPA) à une situation non désirée. Des événements ont contribué à la concrétisation de ce risque, tels que :

- Le mélange du maïs StarLink par les agriculteurs. Cet événement dépend d'un ou plusieurs éléments déclencheurs (ou facteurs de risques), qui représentent par eux-mêmes un risque, c'est-à-dire qu'ils peuvent être définis en terme de probabilité et de conséquence (Denis, 1998). Pour cet événement, un des facteurs de risque qui a été mis en évidence provient de l'environnement : il correspond à la capacité de contrôler le transfert de gènes, entre le maïs StarLink et les autres variétés de maïs. Mais ces facteurs de risques sont reliés à des incertitudes. En effet, les problèmes

¹⁰ Federal Register, mai 1998,

<http://frwebgate6.access.gpo.gov/cgi-bin/waisgate.cgi?WAISdocID=065874350674+1+2+0&WAIAction=retrieve>

de transfert de transgènes intervariétaux et interspécifiques ne sont pas encore résolus, alors que leurs impacts environnementaux peuvent être complexes.

- Le mélange du maïs StarLink par les industries agro-alimentaires. Cet événement dépendait de plusieurs facteurs de risques, appelés organisationnels, qui ont été induits par différents acteurs, tels que PGS, le gouvernement, les agriculteurs et les industries agro-alimentaires. Ils correspondent principalement à l'utilisation d'un maïs potentiellement allergène alors que les méthodes de ségrégation des OGM n'étaient pas réalisées ou mal définies.
- L'événement final correspond à la présence du maïs StarLink dans les produits alimentaires (ex : tacos, chips, tortillas, soupes) vendus aux Etats-Unis et sur le marché extérieur. L'enchaînement de ces événements a provoqué la dissémination incontrôlée du maïs StarLink, qui faisait l'objet d'une utilisation limitée aux Etats-Unis et qui était interdit sur le marché extérieur. Cette variété était aussi présente involontairement dans les champs (à la suite de croisement et/ou de dissémination entre les différentes variétés de maïs)¹¹.

L'ensemble de ces événements a provoqué des impacts dans différents domaines, tels que l'environnement, la santé et le secteur économique. Et l'ensemble des acteurs impliqués dans l'utilisation des cultures transgéniques a été affecté.

¹¹ L'analyse du cas du maïs StarLink, dans le chapitre 4, présente les différents facteurs de risques environnementaux et organisationnels qui ont contribué à augmenter la probabilité de ces événements.

2. LES IMPACTS

La propagation incontrôlée du maïs StarLink a été induite par différents maillons du système agro-alimentaire. Ceci s'est alors traduit par des impacts autant pour différentes industries, pour les consommateurs américains et pour certains pays importateurs. Ce chapitre présente dans une première section les maillons du système agro-alimentaire et dans une deuxième section les impacts engendrés par ce maïs.

2.1. Les différents maillons de la chaîne agro-alimentaire contaminés par le maïs StarLink

La contamination par le maïs StarLink des aliments distribués aux consommateurs relève de son infiltration insidieuse dans le circuit agro-alimentaire¹² à la suite de plusieurs événements. Dans le cas du maïs StarLink, plusieurs maillons du circuit agro-alimentaire interreliés et dépendants les uns des autres ont contribué plus ou moins directement au mélange des variétés des maïs. Ces différents maillons sont les suivants :

- le fournisseur de semence incarné par l'industrie agro-chimique Aventis CropScience;
- les industries semencières et les producteurs primaires constitués par les agriculteurs et les clients de l'industrie en question;
- les industries agro-alimentaires qui comprennent les installations d'entreposage (les silos), de transformation et de distribution aux consommateurs.

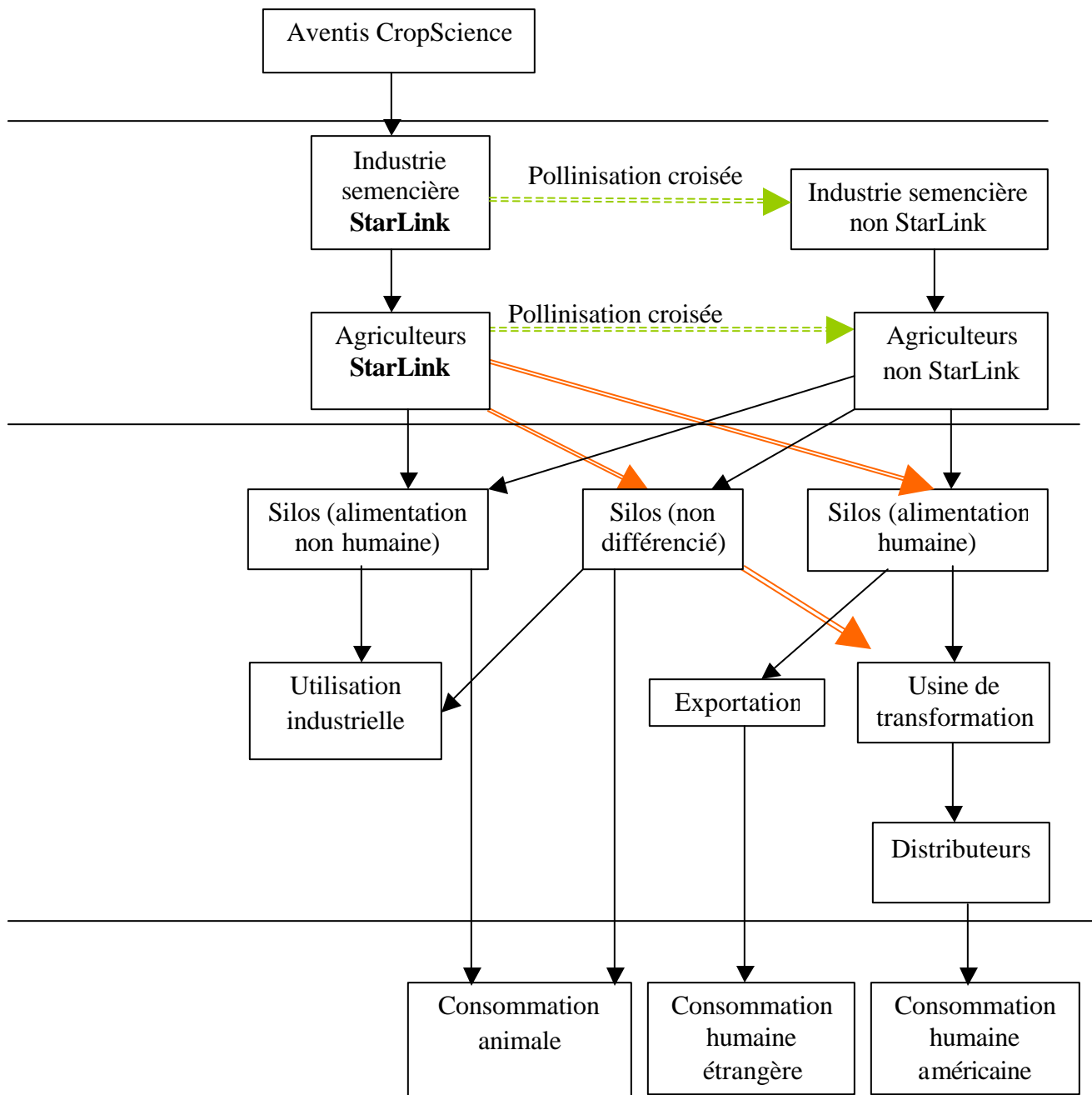
Le maïs StarLink s'est inséré dans le circuit agro-alimentaire par deux voies : les agriculteurs et les industries agro-alimentaires. Un sondage réalisé en 1999 par Aventis CropScience auprès de 230 agriculteurs indiquait que deux d'entre eux avaient vendu leurs cultures pour des fins de consommation humaine et vingt-neuf d'entre eux ignoraient quelle avait été l'utilisation finale de leur maïs StarLink vendu (New York Times, 2001)¹³. De plus, la presse rapporte qu'en 2000, parmi les agriculteurs cultivant le maïs StarLink, une douzaine ou possiblement une centaine d'entre eux

¹² Ensemble constitué du secteur agricole primaire et du secteur des services connexes, des aliments et boissons, du secteur des produits transformés non alimentaires, de la distribution et de la restauration (Agriculture et Agro-alimentaire Canada, 2000).

¹³ New York Times, 4 septembre 2001,

<http://query1.nytimes.com/search/abstract?res=F70910F63D5D0C778CDDA00894D9404482>

auraient vendu leurs récoltes à des silos dans le pays, qui auraient distribué inconsciemment ce maïs aux industries de transformation pour la fabrication d'aliments (Washington Post 10/19/00). Certains agriculteurs, qui n'utilisaient pas cette variété de maïs, ont été pour leur part victime de croisements intervariétaux. Du maïs hybride sécrétant la protéine Cry9C s'est développé dans leurs champs. Également, certaines industries agro-alimentaires ne séparaient pas les variétés de maïs selon leur utilisation, ce qui a pu contribuer aux mélanges. D'où la contamination à plusieurs niveaux du circuit agro-alimentaire. Cette contamination a été déterminée à la suite des analyses de produits alimentaires vendus sur le marché américain réalisées par l'organisation non gouvernementale *Genetic Engineering Food Alert*. Aventis CropScience a estimé qu'environ 30 millions de boisseaux de maïs StarLink n'ont pas été retrouvés (Aventis, 2001). La figure 1 récapitule très succinctement les étapes par lesquelles passent les récoltes entre l'industrie agro-chimique et les consommateurs ainsi que les niveaux auxquels le maïs StarLink a pu s'infiltrer dans le circuit alimentaire.



Légendes :

- ▶ Parcours normal du maïs dans le circuit agro-alimentaire.
- - - -▶ Parcours incontrôlé du maïs StarLink dans le circuit agro-alimentaire induit par la pollinisation croisée.
- ==▶ Parcours incontrôlé du maïs StarLink dans le circuit agro-alimentaire induit par les agriculteurs et/ou les industries agro-alimentaires.

Sources : d'après les données de Aventis, 2001 et Colorado State University, 2001.

FIGURE 1 : Représentation de la dissémination du maïs StarLink à travers le circuit agro-alimentaire américain.

2.2. Les impacts économiques de la contamination au maïs StarLink

Cette propagation du maïs StarLink dans les aliments destinés à la consommation humaine a engendré des impacts économiques, tant au niveau national qu'international. Les impacts sur l'environnement et la santé humaine se sont traduits en impacts économiques. Cette section présente en deux sous-sections les impacts pour les Etats-Unis et les impacts pour les autres pays importateurs.

❖ *Les impacts pour les Etats-Unis*

La dissémination incontrôlée du maïs StarLink aux Etats-Unis a engendré des impacts économiques autant pour l'industrie Aventis CropScience propriétaire de la technologie StarLink, que pour les différentes organisations gouvernementales (EPA, USDA et FDA), mais également pour les agriculteurs touchés directement ou non par le maïs StarLink et les différentes industries du système agro-alimentaire qui utilisaient cet OGM pour la fabrication d'aliments.

Jusqu'à l'été 2000, l'agro-industrie Aventis CropScience avait soumis plusieurs pétitions à l'EPA, afin d'étendre l'exemption de la tolérance de la protéine Cry9C et de ces résidus dans l'ensemble du circuit agro-alimentaire. Mais cette protéine présentait les caractéristiques d'un allergène, comprenant la résistance à la chaleur et une faible digestibilité (64*Federal Register* 16965). L'EPA a alors publié une note dans le *Federal Register* afin de faire appel aux scientifiques et aux publics pour déterminer selon quelles méthodes le potentiel allergène de la protéine devait être déterminé, en se basant sur les connaissances des résidus de pesticides rencontrés, et afin de pouvoir assurer une sécurité raisonnable (64*Federal Register* 71452). D'après les études réalisées par le *National Academy Science*, la protéine reste stable dans un milieu gastrique simulé. Ce rapport conseillait alors à l'EPA d'améliorer les analyses d'impacts de cette variété de maïs sur la santé et l'environnement. Mais, le 18 septembre 2000, le *Washington Post* rapportait que l'organisation *Genetically Engineered Food Alert* avait découvert des traces de matériel génétique du maïs StarLink illicite dans les produits *Taco Bell Home Originals brand taco shells* de l'industrie Kraft vendus dans la métropole de Washington. Cet article a provoqué le lendemain de nombreux appels de consommateurs, auprès de la FDA, qui se plaignaient d'avoir souffert de réactions allergiques à la suite de la consommation de produits contenant du maïs StarLink (FDA, 2001).

Après la confirmation de la véracité de ces analyses, les industries ont dû déterminer si cette contamination les avait affectées et lesquels de leurs produits devaient faire l'objet d'un rappel massif. Ainsi, l'industrie Kraft Foods a dû rappeler seulement ses produits *Tacos* vendus aux consommateurs, car ceux vendus aux restaurants étaient exempts du maïs visé (New York Times, 9/30/00). Les autres industries touchées par le rappel des aliments ont été, entre autres, ConAgra Foods, Mission Foods Corp., Western Family, John B. Sanfilippo & Son Inc. et Wilson Foods (Taylor and Tick, 2001). Ce rappel massif a alors occasionné des pertes économiques pour ces industries agro-alimentaires, en raison :

- de l'entreposage prolongé des récoltes, en vue de déterminer la présence ou non de maïs StarLink;
- des inspections et des vérifications des récoltes avec les trousseaux d'analyses de protéines élaborées par l'USDA et Aventis;
- du transport des récoltes, si celles-ci devaient être réacheminées vers d'autres industries, pour des utilisations légales;
- de l'analyse de la variété de maïs utilisée pour la fabrication des aliments;
- de la modification des variétés de maïs achetées pour éviter l'utilisation de ce maïs incriminé. Certaines sociétés telles que Mission Foods Corp. ont remplacé les variétés de maïs jaune par les variétés de maïs blanc, car celles-ci pouvaient être du maïs StarLink (San Francisco Chronicle 10/18/00 ; Taylor and Tick, 2001).

Le contrôle et le suivi généralisés des livraisons de maïs à l'usine de transformation de l'industrie Archer Daniels Midland lui auraient coûté 10 000 dollars par jour. Les silos testés positifs pour le maïs StarLink perdaient de la valeur à cause des frais de transport et de la redistribution aux transformateurs de nourriture animale (Envirodev, 2001). Les producteurs de semences ont également été visés par ce problème : leurs productions et leurs ventes de maïs StarLink ont été stoppées en raison des problèmes engendrés par ce maïs. Ceux ne produisant pas de maïs StarLink ont dû contrôler leurs semences afin de vérifier qu'elles n'avaient pas été mélangées. La presse rapporte que l'industrie Kellogg Co. ne pouvait garantir que sa production était exempte de maïs StarLink, ce qui lui a provoqué des pertes financières (Chicago Tribune, 10/22/00). En parallèle, l'industrie Tyson Foods de fabrication d'aliments pour poulet a annoncé, en octobre 2000, qu'elle n'utiliserait plus de maïs StarLink (Food Traceability Report, 2001 ; Taylor and Tick, 2001) et la société Kellogg a rappelé, en

janvier 2001 aux Etats-Unis, des aliments pour chien dans lesquels les analyses avaient démontré la présence de maïs StarLink (ACIA, 2001). En mars 2002, plusieurs industries agro-alimentaires telles que Kraft Foods, Mission Foods, Kellogg, Azteca Foods ont été condamnées à une amende de 9 millions de dollars, en raison de la vente de produits contenant des traces de maïs génétiquement modifiés StarLink. En effet, les consommateurs avaient engagé une action en justice sur la base du caractère potentiellement allergène de cet OGM. Cette amende devra être acquittée par ces industries sous formes de coupons de réductions sur les produits qu'ils vendent aux Etats-Unis. Un porte-parole de Kellogg indiquait qu'il sera totalement indemnisé par l'agro-industrie Aventis (Le Bulletin, 2002 ; Robinson, 2002)¹⁴.

De concert avec l'USDA, Aventis a implanté un programme de rachat et de récupération du maïs StarLink et du maïs mélangé avec cette variété indésirée. Ce programme impliquait la récupération de 45 millions de boisseaux et devait se chiffrer à environ 68 millions de dollars (Chicago Tribune, 10/1/00 ; Taylor and Tick, 2001). Il comprenait le rappel des aliments contaminés, la redistribution du maïs contaminé, l'assurance de la non-exportation du maïs StarLink et de ces produits dérivés et la mise en place d'un programme d'analyse et de contrôle de l'intégrité des aliments. De plus, Aventis et l'USDA ont dû octroyer un dédommagement aux agriculteurs touchés directement ou non par l'insertion de ce maïs non désiré. Malgré la distance de 660 pieds séparant les cultures de maïs StarLink des autres variétés de maïs, une pollinisation croisée naturelle a transmis le caractère StarLink à certaines variétés de maïs qui étaient auparavant non-StarLink. Cet événement a contribué également au mélange et à la difficulté de contrôler le maïs StarLink et ces hybrides dans l'industrie agro-alimentaire (Fox, 2001). Les mesures de contrôle de la propagation du StarLink mises en place et assumées par Aventis et l'USDA comprennent les points suivants :

- le retrait de l'enregistrement américain pour le maïs StarLink auprès du *Federal Register*;
- l'interruption des ventes de semences StarLink pour la campagne 2001;
- l'interdiction de semer les stocks de semences StarLink pour la saison 2001;

¹⁴ Le Bulletin, 8 mars 2002, <http://www.lebulletin.com/actualite/0203/020311zc.cfm> et Robinson, M. 8 mars 2002. StarLink – Cry9C Protein. Biotech-info, Associated Press. <http://www.biotech-info.net/settlement.html>

- le rachat volontaire des stocks de maïs StarLink de la récolte 2000 et tout produit restant de la campagne 1999 non destiné à l'alimentation des animaux, en accord avec l'EPA, la FDA et l'USDA;
- la réaffectation du maïs StarLink mélangé dans les stocks de maïs pour des utilisations permises (alimentations animales et industries non alimentaires);
- le suivi des récoltes de maïs StarLink, pour s'assurer que cette variété de maïs soit transportée vers des silos ne s'adonnant pas à l'exportation (vers les pays tels que le Canada, le Mexique, le Japon etc.) et qu'elle soit utilisée pour des fins non alimentaires (alimentation humaine);
- la mise au point de tests utilisables par les industries pour déterminer la présence de semences StarLink. La Grain Inspection, Packers, and Stockyards Administration (GIPSA) de l'USDA a élaboré un test afin de détecter la présence de la protéine Cry9C dans les semences de maïs hybride (USDA, 2001)¹⁵;
- l'analyse des quantités de la protéine Cry9C présente dans les produits transformés par mouture humide et broyage à sec¹⁶;
- la détermination du pouvoir allergène de la protéine Cry9C, par les organisations compétentes;
- la compensation des pertes économiques des industries agro-alimentaires occasionnées par le mélange des différentes sortes de maïs.

Les pertes financières pour l'agro-industrie Aventis CropScience étaient estimées entre 100 millions et 1 milliard de dollars par The Business Journal et le Guardian Unlimited (2001)¹⁷, néanmoins l'industrie Aventis n'a pas donné de précision sur le montant réel des pertes occasionné par ce problème. Cette somme devait couvrir le dédommagement des agriculteurs victimes d'une pollinisation croisée du maïs StarLink avec leur variété de maïs non-StarLink, à compter de 25 cents par boisseaux de maïs contaminé et du remboursement induit par les autres pertes, ainsi que le dédommagement des industries agro-alimentaires (The Business Journal, 2001)¹⁸. En effet, Aventis et

¹⁵ Ces analyses se basent sur l'échantillonnage et l'analyse de 2400 graines prélevées dans les silos ou autres conteneurs, qui doivent être utilisées et commanditées par les industries agro-alimentaires avant l'utilisation des semences de maïs ou de leur exportation (USDA, 2001, Sampling and Testing Recommendations for the Detection of Cry9C Protein in Hybrid Seed Corn <http://www.usda.gov/gipsa/biotech/starlink/cry9cdetection.htm>).

¹⁶ Ce sont des procédés de transformation des aliments. La mouture humide est utilisée pour la fabrication de l'huile, le sirop, l'amidon et l'alcool, tandis que le broyage à sec est utilisé pour la fabrication du gruau de maïs, la farine et la purée de maïs.

¹⁷ Guardian unlimited, 13 février 2001, Aventis chiefs in GM blunder sacked.

¹⁸ The Business Journal, 12 février 2001, Aventis' crop science unit loses three top-level managers.

Garst Seed Co. of Slater, qui est responsable de la commercialisation des semences, sont également poursuivies : les exploitants réclament des dommages et intérêts sur la baisse des exportations et des prix du maïs imputable à ce scandale (Le Bulletin, 2002 ; Robinson, 2002)¹⁹. De plus, Aventis assurait qu'elle rembourserait l'USDA de toutes ces pertes économiques. Cette dernière rapportait que le prix de la séparation du maïs renfermant la protéine Cry9C s'élevait à 12,9 millions de dollars. Cette opération visait à garantir aux consommateurs la salubrité de l'approvisionnement en maïs et à faire en sorte que les entreprises semencières ne subissent pas de préjudices à cause de la contamination de leur semence avec du maïs StarLink (ACIA, 2001).

À la suite des poursuites entamées par les victimes du StarLink, dont faisait l'objet Aventis, celle-ci a soumis à l'EPA (FFDCA) une pétition visant l'approbation temporaire pendant 4 ans de la protéine Cry9C et de l'ADN cry9c issus des cultures de maïs StarLink plantées en 1998, 1999 et 2000, qui pourraient être présents dans l'alimentation humaine (EPAa, 2001). Ce changement de statut de la réglementation du maïs StarLink aiderait l'agro-industrie propriétaire du StarLink à faire face aux impacts économiques et aux pressions des différents acteurs du circuit alimentaire touchés. En réponse, l'EPA a mis en place un panel officiel de scientifiques (Scientific Advisory Panel : SAP) afin d'évaluer les risques pour la santé humaine de l'ingestion de maïs StarLink. À la lumière des comptes rendus des consommateurs qui s'étaient plaints d'avoir subi une réaction allergique, à la suite de la consommation des produits incriminés, le SAP a conclu qu'il existait une probabilité moyenne que la protéine Cry9C ait un potentiel allergène (7 des personnes analysées pourraient avoir eu une véritable allergie à la suite de la consommation de ce maïs) et que des analyses approfondies avec les anticorps spécifiques à la protéine Cry9C étaient requises (FIFRA, 2000²⁰ ; Fox, 2001). D'après ces résultats, le panel a indiqué également qu'il était nécessaire d'obtenir des données plus précises sur la quantité de protéines présentes dans les produits transformés, car celle-ci varie considérablement en fonction des méthodes de préparation des aliments. L'EPA a réalisé alors des études pour déterminer la quantité de protéine Cry9C restante dans les produits transformés issus de la mouture humide et du broyage à sec (EPAa, 2001)²¹. L'EPA a dû organiser un second panel pour approfondir et compléter ces résultats et

¹⁹ Le Bulletin, 8 mars 2002, <http://www.lebulletin.com/actualite/0203/020311zc.cfm> et Robinson, M. 8 mars 2002. StarLink – Cry9C Protein. Biotech-info, Associated Press. <http://www.biotech-info.net/settlement.html>

²⁰ FIFRA Scientific Advisory Panel, décembre 2000, <http://www.epa.gov/scipoly/sap/2000/november/one.pdf>

²¹ EPA, 23 avril 2001, New StarLink corn data submitted by Aventis CropScience

déterminer les quantités de protéines présentes dans les aliments selon leurs modes de fabrication (d'après les analyses réalisées par Aventis en 2001²²).

En parallèle, l'EPA a demandé une assistance auprès de la FDA au sujet de l'estimation des événements défavorables rapportés à la suite des plaintes des consommateurs. La FDA a alors sollicité la collaboration du Centers for Disease Control and Prevention (CDC) à la fin du mois d'octobre 2000, pour réaliser une enquête au sujet des cas d'allergies révélés par 51 consommateurs. Celle-ci a également annoncé des rappels de certains produits de maïs contenant du maïs StarLink en octobre 2000, afin de limiter la distribution ultérieure de ce produit. Cet avis public a été le premier provenant de la FDA. L'EPA a également essuyé de nombreuses critiques à la suite des dangers qu'elle avait fait courir aux consommateurs et des pertes qu'elle avait provoquées aux industries, en accordant à Aventis une autorisation partielle d'utilisation d'une variété de maïs qui présentait des risques possibles d'allergie pour les consommateurs. C'est pourquoi la pétition émise par Aventis à l'EPA, pour que cette dernière tolère une certaine quantité de protéine Cry9C dans les aliments, a provoqué chez la population un sentiment négatif. La position de l'EPA a alors été particulièrement analysée. Des scientifiques de différentes organisations (Whole Foods Market, Center for Food Safety, Biotechnology Industry Organisation) ont émis leurs avis quant à la décision de l'EPA. Certains ont pris en compte l'importance de conserver la confiance des consommateurs qui risquait d'être affectée si la pétition était acceptée, sachant qu'au départ la réglementation interdisait la consommation humaine de cette variété de maïs. De surcroît, l'image que des aliments destinés à la consommation animale puissent entrer dans la chaîne alimentaire a été et reste négative pour les consommateurs. En revanche, d'autres prônaient que la position d'Aventis était intolérable, car la tolérance «0 » du maïs StarLink dans le circuit alimentaire ne pouvait être respectée. Cette position a été d'autant plus critiquée car la protéine Cry9C devait être dégradée lors des processus de fabrication (Fox, 2001). En effet, les produits provenant de mouture humide pourrait contenir une quantité de la protéine Cry9C inférieure aux limites de détection, en revanche les produits provenant de maïs broyés à sec n'éliminerait pas complètement cette protéine (EPAb, 2001). Pour sa part, l'organisation Biotechnology Industry Organisation (BIO) a conseillé à l'EPA de supporter Aventis, car la protéine Cry9C était en grande partie détruite à la suite des procédés de transformations et qu'il n'en

<http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/otherdocs/stlink/stlinkdata.htm>

²² Aventis, avril 2001, <http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/otherdocs/stlink/Dry%20Mill%20PaperV13.pdf>

découlerait pas une perte de confiance des consommateurs, malgré la non-approbation préalable de l'utilisation du maïs StarLink pour la consommation humaine (Fox, 2001).

D'après le rapport élaboré par Aventis (2001), la proportion de maïs StarLink qui aurait été récupérée s'élèverait à 99%. Le rapport du Scientific Advisory Panel rendu public en juillet 2001 a réaffirmé la probabilité moyenne que la protéine Cry9C induise une réaction allergique chez l'être humain, mais il subsistait une faible probabilité d'allergénicité pour les consommateurs, en raison des niveaux de maïs StarLink dans la diète. Le panel indiquait que les informations étaient inadéquates pour établir, avec une certitude scientifique acceptable, que l'exposition au StarLink n'était pas nocive pour la santé publique. C'est pourquoi, le panel a recommandé de ne pas établir un niveau de tolérance spécifique pour le StarLink (EPA, 2001 ; FIFRA, 2001). En revanche, le panel a supporté l'EPA quant à l'élimination de la protéine Cry9C dans les aliments issus des procédés de transformation de mouture humide. Il y aurait une probabilité moyenne que la protéine Cry9C soit potentiellement allergique pour l'humain, et il y aurait des données suffisantes pour dire qu'il y aurait une faible probabilité de risque d'allergie, vu les quantités de cette protéine dans l'alimentation américaine (EPA, 2001)²³. De plus, en juin 2001, le Centers for Disease Control and Prevention et la USDA ont rendu public leurs résultats au sujet de leur enquête épidémiologique. Le rapport conclut qu'il n'y a aucune preuve que les réactions signalées soient le résultat d'une hypersensibilité à la protéine Cry9C et que celle-ci ne provoquerait pas de réaction allergique particulière avec le sang prélevé de personnes particulièrement sensibles aux différents allergènes connus, en notant que leur sang a été prélevé avant l'introduction du maïs StarLink dans l'alimentation (CDC, 2001).

❖ *Les impacts pour les pays importateurs et les mesures prises pour contrôler la situation*

L'introduction involontaire du maïs StarLink dans les cultures exportées a provoqué un remous au niveau des pays importateurs. En effet, cette variété de maïs a traversé les frontières du Japon, du Canada et de la Corée du Sud, alors qu'elle était interdite par leur gouvernement respectif. Ces pays ont dû prendre alors des mesures particulières pour empêcher et contrôler l'entrée de ce maïs dans la consommation humaine, telles que :

²³ EPA, 27 juillet 2001, <http://epa.gov/oscpmont/pressrelease72701.htm>

- le contrôle des importations américaines de maïs, afin de vérifier si elles ont bien fait l'objet d'analyses;
- le rappel des produits contaminés, s'il y avait lieu;
- le stockage et renvoi des produits contaminés;
- la vérification par le gouvernement que les agriculteurs ou les industries agro-alimentaires utilisent seulement les productions certifiées sans StarLink;
- le changement de pays exportateurs pour assurer la sécurité de la population, si nécessaire.

En octobre 2000, l'union des consommateurs japonais a détecté du maïs StarLink dans l'alimentation humaine et dans l'alimentation animale, alors que cette variété n'était pas autorisée dans ce pays. Le Japon importe 30 % des exportations américaines, soit 1 milliard de dollars (Envirodev, 2001 ; New York Times, 26/10/00 ; Washington Post, 26/10/00). Cet incident a dû obliger le Japon à rappeler les aliments en vente et à tester les produits destinés à la consommation. Ceci a entraîné une diminution de 8 % des importations japonaises de maïs américain en 2001 et le Japon s'est tourné vers d'autres pays exportateurs comme, par exemple, l'Afrique du Sud qui a exporté 381 887 tonnes de maïs alors que l'année précédente elle n'en exportait pas. Pour sa part, les exportations de maïs de la Chine sont passées de 268 732 tonnes contre 60 694 tonnes l'année précédente. Les exportations de maïs de l'Argentine vers le Japon sont passées de 256 744 tonnes en 2001 alors qu'elles étaient de 198 287 tonnes l'année précédente. Le Brésil pour sa part a exporté au Japon 150 000 tonnes de maïs lors des premiers sept mois et cette quantité devait atteindre 200 000 tonnes pour l'année 2000 (chekbiotech.org, 2001)²⁴. Un épisode analogue s'est réitéré en décembre 2002, le département japonais aurait détecté la présence de la variété indésirée dans la cargaison d'un navire en provenance des Etats-Unis, alors que le test avait été négatif aux Etats-Unis²⁵.

Au Canada, l'Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA) et Santé Canada n'ont pas accordé d'autorisation pour la production ou la vente, à n'importe quelle fin du maïs StarLink (CCG,

²⁴ Chekbiotech.org, 29 août 2001, U.S. corn exports to Japan hit hard by StarLink.

http://www.checkbiotech.org/root/index.cfm?fuseaction=search&search=starlink&doc_id=1720&start=1&fullsearch=0

²⁵ Farm and Dairy, online edition, 16 janvier 2003, USDA keeps investigating situation with StarLink.

http://www.zwire.com/site/news.cfm?newsid=6702892&BRD=1996&PAG=461&dept_id=459492&rft=6

et InfoGM, 7 janvier 2003, Japon - du StarLink découvert, http://www.infogm.org/article.php3?id_article=875

2001)²⁶. Avant d'être exporté pour l'alimentation humaine, pour le bétail ou à une autre fin, le maïs doit faire l'objet de tests réalisés par les États-Unis, pour déterminer s'il n'est pas contaminé par la variété indésirable. Les importateurs²⁷ de maïs doivent être en mesure de présenter une certification adéquate «sans StarLink» qui doit être effectuée par le Federal Grain Inspection Service (FGIS) de la Grain Inspection, Packers and Stockyards Administration du Département de l'agriculture des États-Unis ou par leurs agents agréés d'après des procédures spécifiques (méthode du test de la bande latérale²⁸). L'échantillonnage du maïs importé au Canada en provenance des États-Unis doit être effectué à la frontière canado-américaine, aux silos agréés et dans les parcs à matériel ferroviaire remorqué (ACIA, 2001 et 2002²⁹ et CCG, 2002³⁰). Dans le cas contraire, ils peuvent faire l'objet de poursuites.

Malgré ces mesures, des incidents sont survenus, ce qui a impliqué la prise de mesures correctives, telles que : quatre rappels de produits alimentaires importés des États-Unis; l'élimination d'un envoi de grain; un rappel d'aliments du bétail et un rappel de semences. Par exemple, l'analyse des échantillons de maïs a permis de détecter dans un envoi ferroviaire entrant en Alberta la présence de trace de StarLink dans un des deux lots de cet envoi. Celui-ci a été renvoyé aux États-Unis (ACIA, 2002 ; Checkbiotech.org. 2001)³¹. Ces mesures correctives ont été supervisées soit par l'ACIA soit par la CCG. En décembre 2000, la CCG a décelé la présence de maïs StarLink™ dans deux installations au Québec et elle en a informé l'ACIA. Elle a supervisé l'isolement et l'élimination du grain ainsi mélangé à l'un des endroits, alors que dans l'autre cas, l'ACIA a suivi la distribution du matériel de maïs en question à des fins d'alimentation animale. L'entreprise a mis en branle le processus de rappel sous la surveillance de l'ACIA (ACIA, 2001³² ; Le Devoir, 2001³³ ; Toronto Star, 2001). De plus, entre le 15 mars 2002 et le 30 juin 2002, 15 000 documents ont été examinés relatifs

²⁶ Commission Canadienne des Grains, 19 juillet 2002, http://www.ccg.ca/newsroom/trade_memos/2002/2002-09-f.htm

²⁷ Les importateurs comprennent les agriculteurs, les expéditeurs, les silos et les agriculteurs qui utilisent le maïs pour la production de nouvelles semences.

²⁸ FGIS, 26 février 2001, <http://www.usda.gov/gipsa/reference-library/directives/9181-1.pdf>

²⁹ ACIA, 12 octobre 2001, <http://www.inspection.gc.ca/francais/bureau/inform/20011010f.shtml> et ACIA, 5 avril 2002, <http://www.inspection.gc.ca/francais/bureau/inform/20020405f.shtml>

³⁰ Commission Canadienne des Grains, 19 juillet 2002, <http://www.ccg.ca/views/tradenotices/2001/2001-10-f.htm>

³¹ ACIA, juillet 2002, <http://www.inspection.gc.ca/francais/bureau/inform/20020405bf.shtml>

et Checkbiotech.org, 24 septembre

http://www.checkbiotech.org/root/index.cfm?fuseaction=search&search=starlink&doc_id=1875&start=1&fullsearch=0

³² ACIA, 12 octobre 2001, <http://www.inspection.gc.ca/francais/ppc/biotech/tech/greenstarf.shtml>

³³ Le Devoir, 27 juillet 2001, OGM : le maïs StarLink a des pépins.

à des envois de maïs en provenance des États-Unis : 35 envois ont été refusés parce qu'ils n'étaient pas accompagnés de la documentation adéquate (ACIA, 2002).

Depuis septembre 2000, l'ACIA et la CCG ont vérifié des documents et par la suite, échantillonné et analysé des milliers d'envois de maïs, de produits à base de maïs et de maïs entier. Ces mesures de contrôles ont provoqué, d'après les statistiques préliminaires des centres de service d'importation de l'ACIA, un refus de 1% des entrées de maïs américain. Comme le volume de maïs américain importé au Canada au cours de 1999 s'élevait à plus de 2,5 millions de tonnes métriques, les répercussions des rappels ou des rejets d'envois de maïs grain ou de produits du maïs des États-Unis ont été limités (ACIA, 2001). D'après Santé Canada, l'ACIA, la CCG et les différentes organisations gouvernementales concernées dans le contrôle du maïs StarLink, les répercussions financières s'élèveraient entre 900 000 dollars (d'après l'ACIA, 2001) et environ 1 million de dollars (d'après la Food Traceability Report, 2002³⁴). En effet, celles-ci devaient couvrir la mise en œuvre des activités de contrôle et de surveillance, notamment la vérification des documents, l'échantillonnage sur le terrain du maïs entier, du maïs de semences ainsi que de produits d'alimentation du bétail et d'alimentation humaine à base de maïs, des analyses en laboratoire de ces échantillons et des activités de rappel (ACIA, 2001). Depuis fin janvier 2003, le contrôle s'est assoupli et l'ACIA n'exige plus des importateurs qu'ils lui présentent les documents d'épreuve de détection de StarLink avant d'importer du maïs grain entier. Mais celle-ci garde le droit de demander cette documentation et l'examiner. Cet assouplissement des contrôles des importations est dû à la diminution de la présence de StarLink dans le maïs américain (ACIA, 2003)³⁵.

En novembre 2000, la Corée du Sud a procédé au rappel de plus de 14 tonnes de tortillas qui contenait du maïs StarLink. Durant ce mois, les exportations américaines de maïs ont décliné en raison du maïs StarLink retrouvé dans les produits destinés à l'alimentation au Japon et en Corée du Sud. Ces différents pays ont dû mettre en place un ensemble de mesures de contrôle, afin de vérifier que le maïs importé avait fait préalablement l'objet d'analyses pour déterminer qu'il était exempt de la variété impropre à la consommation. Des mesures visaient à contrôler le respect des règlements établis par les importateurs, à protéger la santé des consommateurs, à éviter la dissémination du

³⁴ Food Traceability Report, janvier 2002, Canada assesses lessons learned from StarLink. Vol. 2 no1.

³⁵ ACIA, 3 février 2003, <http://www.inspection.gc.ca/francais/bureau/inform/20030131f.shtml>

produit de la variété indésirable dans l'environnement et à réduire les pressions exercées par des consommateurs, peut-être moins confiants vis-à-vis des mesures gouvernementales (Washington Post, 14/11/00).

3. LES POINTS SAILLANTS MIS EN ÉVIDENCE

Le cas du maïs StarLink a ébranlé tous les acteurs concernés de près ou de loin par la commercialisation des OGM. Cette situation hautement indésirée a impliqué la mise en place rapide de mesures correctives, mais aussi, elle a soulevé les points litigieux reliés aux prises de décision, malgré les incertitudes scientifiques relatives aux risques que présentent l'utilisation des OGM. Ce chapitre aborde ces aspects dans les deux sections suivantes.

3.1. Les mesures correctives

À la suite de la contamination des cultures et des produits alimentaires avec le maïs StarLink, l'EPA, l'USDA et Aventis CropScience ont mis en place des mesures correctives pour contrôler la situation. L'USDA a recommandé aux industries semencières de contrôler leurs lots de semences de maïs de 2001 pour déterminer si elle contenait le caractère StarLink (EPA, 2001³⁶ ; FIFRA, 2000 ; Fox, 2001). Et les lots de semences contrôlés positifs devaient être acheminés à des utilisations autorisées (alimentation animale, utilisation industrielle ou destruction). Malgré l'accord des industries, toutes n'ont pas mis à la disposition du public les résultats des tests et il leur était néanmoins impossible de garantir une concentration à zéro de la protéine Cry9C dans les futurs lots de maïs des industries de semences (Nielsen, *et al.*, 2001). De leur côté, il était également très fortement recommandé aux agriculteurs de contrôler les repousses naturelles de maïs StarLink, des anciennes cultures de la saison 2000 et des zones tampons, en faisant une rotation de culture, c'est-à-dire en plantant du soja ou de l'avoine, ou toute autre culture permettant de dévoiler les repousses de maïs StarLink et de les détruire. En revanche, les nouvelles plantations de maïs nécessiteraient l'utilisation d'une variété GM résistante à un herbicide, afin que les repousses de StarLink, qui ne sont pas résistantes aux herbicides, soient détruites. En effet, le risque est que les repousses volontaires de maïs StarLink s'hybrident avec d'autres variétés de maïs, d'où une dissémination naturelle de ce maïs indésiré et une réintroduction du Starlink dans la chaîne alimentaire (Aventis, 2001 ; FIFRA, 2001). La réalisation de tests pour déterminer la présence de maïs StarLink permettrait de contrôler l'entrée à nouveau de ce maïs et de ces hybrides dans le circuit alimentaire. En effet, les sources de protéines Cry9C existent et sont :

³⁶ EPA, 27 juillet 2001, <http://epa.gov/oscpmont/pressrelease72701.htm>

- les repousses naturelles de maïs StarLink dans les anciens champs de StarLink et dans les zones tampons;
- la présence de maïs qui s'est hybridé avec le maïs StarLink à la suite de pollinisation croisée;
- les mélanges de maïs StarLink au niveau des agriculteurs et/ou des industries de semences et des industries agro-alimentaires, qui ne peuvent échapper au contrôle;
- les résidus de maïs StarLink restant dans les différents maillons de l'industrie agro-alimentaire (FIFRA, 2001).

La probabilité que du maïs StarLink soit retrouvé dans l'environnement (repousses, variétés de maïs jaune et blanche hybridées) et dans le circuit alimentaire reste faible, mais pas nulle. En fait, la probabilité que la protéine Cry9C soit retrouvée dans le circuit alimentaire dépend principalement des efforts engagés par les industries de transformations pour réaliser les tests de détection de la protéine en question. Il a été également recommandé de semer du soja, dans les champs précédemment semés de maïs StarLink, afin de pouvoir contrôler les repousses naturelles indésirées (Nielsen *et al.*, 2001). Le SAP recommandait que ces tests soient obligatoirement entrepris, jusqu'en 2001, par les industries de transformation utilisant les procédés de broyage à sec (FIFRA, 2001). D'après les efforts pour contenir le maïs StarLink à l'aide des tests, il était estimé que ce maïs serait totalement éliminé des productions en 2002. En effet, le SAP et l'EPA étaient d'accord sur le fait que la protéine Cry9C allait décliner rapidement après les récoltes de 2001 et ainsi de suite (EPA, 2001)³⁷.

À la suite des impacts de la dissémination incontrôlée du maïs StarLink et des plaintes et critiques émises par les industries, les agriculteurs et les consommateurs auprès de l'EPA, celle-ci a annoncé qu'elle ne délivrerait plus dans l'avenir des accords partiels pour l'approbation des cultures, devant faire l'objet de restrictions alimentaires (Taylor and Tick, 2001). Jusque là, aucune culture n'avait reçu une approbation partielle pour son utilisation : seulement le maïs StarLink avait fait l'objet de cette divergence.

³⁷ EPA, 27 juillet 2001, <http://epa.gov/oscpmont/pressrelease72701.htm>

3.2. Les incertitudes lors de la prise de décision

Le cas du maïs StarLink a mis en relief un ensemble de problèmes relié à la difficulté de prendre des décisions lors d'un climat d'incertitudes scientifiques et de pressions économiques. Ceci met en évidence les aspects importants pour la gestion des risques à travers la réglementation. La dissémination incontrôlée d'un OGM qui s'avère néfaste pour la consommation humaine peut engendrer de lourdes pertes économiques pour les acteurs concernés. Alors que le maïs StarLink ne correspondait seulement qu'à 0,5 % des cultures américaines de maïs (FIFRA, 2001), sa propagation incontrôlée a provoqué des pertes financières autant pour l'industrie Aventis propriétaire de cet OGM (estimées à environ 100 millions de dollars) que pour le gouvernement (par exemple, la FDA a dû déboursier 68 millions pour dédommager les industries agro-alimentaires). Les agriculteurs ont également essuyé des pertes qui ne sont pas toujours chiffrables. Cette situation s'ajoute aux autres risques engendrés par les progrès technologiques (exemple du sang contaminé, de la maladie de la vache folle) et subi par des consommateurs qui n'avaient pas été avertis des risques possibles. Et l'image de la gestion des produits issus de la biotechnologie utilisés dans le domaine agro-alimentaire s'est quelque peu ternie, à la suite de cet incident. De plus, la confiance des consommateurs a été ébranlée. Le pouvoir d'achat des consommateurs américains et des pays importateurs représente une valeur primordiale à court et à long terme, pour la vie des agriculteurs et indirectement pour les industries. Mais la vision à long terme (entretien de la confiance des consommateurs et la gestion des risques pour l'environnement) peut être affectée par la nécessité, pour les industries, de faire des profits économiques.

❖ *La réglementation : étude scientifique de l'allergénicité post-commercialisation*

Le cas du maïs StarLink peut montrer certains aspects à privilégier dans la réglementation. Malgré l'approbation partielle octroyée par l'EPA pour l'utilisation de ce maïs, les risques d'allergénicité n'étaient pas encore évalués. Les risques économiques, suite à une dissémination, étaient alors latents. En effet, la détermination du pouvoir allergène de cet aliment par l'EPA a été réalisée après sa commercialisation et sa dissémination dans l'environnement. L'agro-industrie PGS a exercé des pressions sur l'EPA pour que cette variété puisse être utilisée pour la consommation humaine, c'est pourquoi l'EPA analysait le potentiel allergique de cette variété de maïs alors qu'elle était déjà cultivée. Et dans quelle mesure le gouvernement s'était-il préparé à gérer une telle situation de mélange de culture ? Tout progrès est relié à la notion de risque. Ceci ne doit néanmoins pas freiner

l'avancée de la recherche scientifique et l'utilisation de ces fruits. Cela nécessite toutefois un cadre réglementaire adapté aux risques connus ou estimés en cas d'incertitude scientifique, et la préparation des mesures à prendre en cas de problème. À la lumière des incertitudes scientifiques liées à l'utilisation d'une nouvelle technologie et des capacités des acteurs à gérer le risque en cas de situation indésirée, il est possible d'estimer le risque. Les sondages réalisés par Aventis auprès des agriculteurs avaient montré que certains d'entre eux n'avaient pas respecté les restrictions émises (New-York Times, 2001 ; Washington Post, 2001). Quelles ont alors été les mesures prises, sachant que l'année d'après un nombre supérieur d'infractions a été identifié ? De plus, quelles ont été les mesures adoptées par le gouvernement pour vérifier que leurs restrictions étaient respectées et que les industries et les agriculteurs étaient en mesure de pouvoir les respecter ? Malgré les recherches effectuées, aucune information n'a été trouvée à ce sujet. Ce sont les analyses réalisées par l'organisation non gouvernementale *Genetically Engineered Food Alert*, qui ont montré la présence illégale du maïs StarLink dans l'alimentation.

Avec cette situation, la gestion par le gouvernement des risques économiques et des risques pour les consommateurs (santé et confiance) a été mise en cause. En effet, cette situation a demandé au gouvernement de se positionner par rapport à l'acceptation ou non de la consommation des produits contenant du maïs StarLink, afin d'aider l'industrie Aventis à alléger ses pertes économiques. La décision était d'autant plus délicate de par l'incertitude des études scientifiques relatives à la détermination de l'allergénicité et de par la divergence des concentrations de la protéine Cry9C dans les divers produits alimentaires.

❖ *La gestion de la pollinisation croisée*

La gestion de la pollinisation croisée fait l'objet de recherches auprès des scientifiques, car les méthodes utilisées actuellement ne sont pas encore totalement efficaces (Kuvshinov *et al.*, 2001). Et ceci peut engendrer des problèmes lors de la réglementation partielle d'une plante, mais aussi pour les OGM non soumis à des restrictions particulières. En effet, le gouvernement réglemente les OGM de la même façon que les pesticides (Taylor and Tick, 2001). Or la technologie est différente. L'utilisation des pesticides est assujettie à des normes afin d'éviter la contamination de l'environnement et d'éviter des risques pour la santé des consommateurs. Mais dans le cas des OGM, la technologie est interne donc les moyens de contrôle déjà utilisés sont moins efficaces (le

comportement des plantes-insecticides³⁸ peuvent changer selon les conditions de l'environnement). De plus, le risque de transfert de la technologie (des transgènes) par le biais de la pollinisation croisée entre espèces ou variétés voisines est possible mais encore peu connu. Il peut en résulter une sécrétion plus importante d'insecticides dans l'environnement, malgré les normes émises, ce qui peut contribuer à une pollution chimique, à la suite de ce qu'on appelle communément la «pollution génétique» (par exemple, les hybridations des OGM avec les cultures biologiques et autres).

La gestion de la pollinisation nécessite la contribution des agriculteurs, car ils mettent en place les mesures établies par les gouvernements résultant des recherches scientifiques. Mais quel est leur intérêt et leur motivation d'appliquer ces mesures issues de la science ? Avant tout, pourquoi les agriculteurs optent-ils pour la culture des OGM ? Principalement parce qu'elle leur permet d'augmenter le rendement de leur culture avec la diminution des coûts des pesticides et avec la diminution du travail au champ (Canola Council of Canada, 2001). Par conséquent, les mesures de gestion de la pollinisation croisée et la gestion du développement de la résistance des insectes propres aux OGM sont de nouvelles contraintes qu'ils n'étaient pas habitués à réaliser. Ceci peut alors induire une gestion non adéquate qui peut être néfaste pour l'environnement (croisements et développement plus rapide de la résistance des insectes aux OGM). Et le fait que les industries et/ou les organisations gouvernementales contrôlent les agriculteurs pour s'assurer qu'ils respectent ces mesures peut s'avérer néfaste, car les pressions exercées sur les agriculteurs seraient augmentées, ce qui peut être mal perçu. Et de surcroît, les habitudes des agriculteurs ne favorisaient pas la ségrégation des cultures. En effet, la plupart des moissons de maïs jaune aux Etats-Unis alimentent les animaux et l'industrie non-alimentaire. Les cultures de maïs StarLink, restreintes par les mesures gouvernementales, ne se sont pas alors différenciées des autres cultures (Colorado State University, 2001)³⁹. D'autre part, les agriculteurs cultivent plusieurs variétés de maïs, ce qui peut augmenter les difficultés de ségrégation des cultures à leur niveau. Ils peuvent également oublier les restrictions émises par l'industrie agro-chimique concernant la ségrégation de leur culture et omettre d'informer les industries quant à l'obligation de séparer le StarLink des autres variétés (Taylor and Tick, 2001 ; Washington Post

³⁸ Les plantes-insecticides sont des OGM qui sécrètent des insecticides.

³⁹ Colorado State University, 3 février 2002,

<http://www.colostate.edu/programs/lifesciences/TransgenicCrops/hotstarlink.html>

10/19/00⁴⁰). Ces différents facteurs de risques ont amplifié le risque de mélange du maïs StarLink au niveau des agriculteurs (chapitre 4).

Les risques de «pollution génétique» entre les espèces et entre les variétés posent un problème, qui est encore mal connu et qui présente des caractéristiques particulières (Sinclair-Desgagné et Debuissy, 2003). La diversité biologique est une source de gènes inestimable. Les différentes variétés de maïs sauvage permettent de faire des croisements et de donner de nouveaux caractères (résistance à certaines maladies ou ravageurs) ce qui est un apport considérable pour l'industrie agro-alimentaire. En cas d'atteinte de ces ressources de gènes (transformation et/ou diminution de cette diversité génétique), des conséquences pour les récoltes seraient alors possibles. Le cas de la France illustre le risque de transferts de gènes. Alors que seulement 34 hectares de maïs OGM ont été cultivés (ce qui représente 0,001% des cultures françaises de maïs) lors d'essais en champs pendant la période 2000-2001, des études ont montré la présence fortuite d'OGM dans 41% des semences de maïs conventionnelles. Ceci pourrait correspondre à la présence, à une teneur très faible, d'un ou plusieurs OGM autorisés au titre de la dissémination ou de la mise sur le marché (AFSSA, 2001).

❖ *La préservation de l'identité des cultures*

Les problèmes induits par le maïs StarLink montrent également l'importance de pouvoir séparer les cultures tant au niveau des agriculteurs qu'au niveau des industries agro-alimentaires (entreposage et transformation). L'approbation partielle pour l'utilisation de certaines cultures pourraient nécessiter de doubler ou de nettoyer les infrastructures des industries pour éviter tout mélange de récoltes. De plus, la différenciation des cultures implique la participation de plusieurs acteurs (au niveau des agriculteurs et au niveau des industries) et ceci peut générer des difficultés d'organisation. En effet, les différentes cultures semées, les moyens de transport, les équipements et les méthodes d'entreposage utilisées pour les cultures peuvent contribuer à la contamination des récoltes non-transgéniques avec des cultures transgéniques (dans ce cas étudié, de la contamination du maïs StarLink avec les autres variétés de maïs tolérées) et demandent alors la participation des acteurs concernés pour assurer efficacement la préservation de l'identité des cultures (Nielsen *et al.*, 2001). La nécessité d'implanter un système de ségrégation et de traçabilité adéquat devient d'autant plus

⁴⁰ Washington Post, 19 octobre 2000, <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/articles/A35975-2000Oct18.html>

primordial avec les projets de cultures des OGM de deuxième (2^{ème}) et troisième (3^{ème}) génération⁴¹. Ces derniers seraient vendus pour leurs qualités différentes comparées à celles des OGM de première (1^{ère}) génération. D'où la nécessité de pouvoir les séparer efficacement au cours du circuit agro-alimentaire. Et ceci serait d'autant plus important pour les OGM de 3^{ème} génération qui pourraient présenter des risques particuliers s'ils étaient disséminés de façon incontrôlée et s'ils étaient consommés comme des produits alimentaires communs. De surcroît, chaque pays n'a pas les mêmes réglementations relatives à la consommation des OGM. Or, les liens commerciaux demandent aux pays exportateurs d'être en mesure de répondre aux restrictions réglementaires des pays importateurs. Alors que l'Amérique du Nord utilise les OGM sans les distinguer des produits non transgéniques, les politiques européennes et japonaises sont plus strictes sur ce sujet. En effet, la législation européenne différencie maintenant les OGM grâce à deux règlements sur l'étiquetage et la traçabilité. Il est désormais obligatoire de mentionner sur les étiquettes la présence d'OGM dans les produits alimentaires, quand les ingrédients sont transgéniques à plus de 0,9 %. Ce seuil s'élève à 0,5 % pour les composants OGM non autorisés au sein de l'Union, mais présents de manière fortuite sur des produits vendus en Europe, après contamination. Ces règlements devraient permettre de retracer les OGM tout au long du système agro-alimentaire, du champ aux produits distribués (Le Monde, 2003⁴² ; Parlement Européen, 2003). L'exemple du maïs StarLink montre les répercussions possibles sur la diminution des exportations lorsqu'un OGM s'infiltré illicitement dans la consommation humaine alors qu'il ne répond pas aux normes du pays importateur⁴³.

⁴¹ Les OGM de 2^{ème} génération sont créés pour sécréter des nutriments essentiels pour l'alimentation, tandis que les OGM de 3^{ème} génération sécrètent des substances (ex : hormones, protéines) utilisées comme médicaments.

⁴² Le Monde, 2 juillet 2003, Le Parlement européen ouvre la voie à la levée du moratoire sur les OGM, http://www.lemonde.fr/imprimer_article_ref/0,5987,3214--326186,00.html

⁴³ Un exemple plus récent et similaire au cas du maïs StarLink illustre également les problèmes liés au mélange des OGM par le biais de facteurs environnementaux et/ou organisationnels et les conséquences sur les pays importateurs victimes de telles erreurs. En avril 2001, l'agro-industrie Monsanto a détecté une variété de canola GM (GT-200) indésirée dans ces semences de canola GM commercialisée et vendue depuis trois ans au Canada. La variété de canola GT-200 est acceptée au Canada, mais non au Japon, or le Canada exporte cette semence et ces dérivés dans ce pays, ce qui a poussé Monsanto à rappeler ces semences contaminées par ce canola GM. L'insertion de canola indésirée dans les variétés utilisées est d'autant plus problématique car ce végétal entre dans la composition de très nombreux produits alimentaires et que sa capacité de pollinisation croisée est très grande. De plus, les pays n'approuvent pas tous les OGM de la même façon (checkbiotech.org, avril 2002. *FDA Says Monsanto Canola Doesn't Appear to Pose Risks. No StarLink Repeat on Canola. Monsanto Says Crops May Contain Genetically-Modified Canola Seed* ; Le Bulletin, 15 avril 2002, <http://www.lebulletin.com/actualite/0204/020422q.cfm>)

4. L'ANALYSE DU CAS DU MAÏS STARLINK

Le maïs StarLink illustre les risques possibles liés à l'utilisation d'une variété d'OGM dans un climat d'incertitude. Après avoir mis en évidence, la chaîne d'événements et les impacts (voir chapitre 1 et 2) qui ont provoqué la dissémination involontaire de ce maïs, ce dernier chapitre présente les facteurs de risques environnementaux et organisationnels qui ont augmenté la probabilité de cette chaîne d'événements. Ceci fera l'objet des deux premières sections. En revanche, la dernière section présentera l'utilité du principe de précaution en présence de tels risques. L'analyse de cas de ce chapitre s'appuie sur la figure 2, qui expose la modélisation conceptuelle du risque pour l'organisation Aventis CropScience. Celle-ci montre les liens entre les sources de risques externes (ou indépendante à l'organisation) et internes à l'organisation, la chaîne d'événements et les impacts à court terme et à long terme.

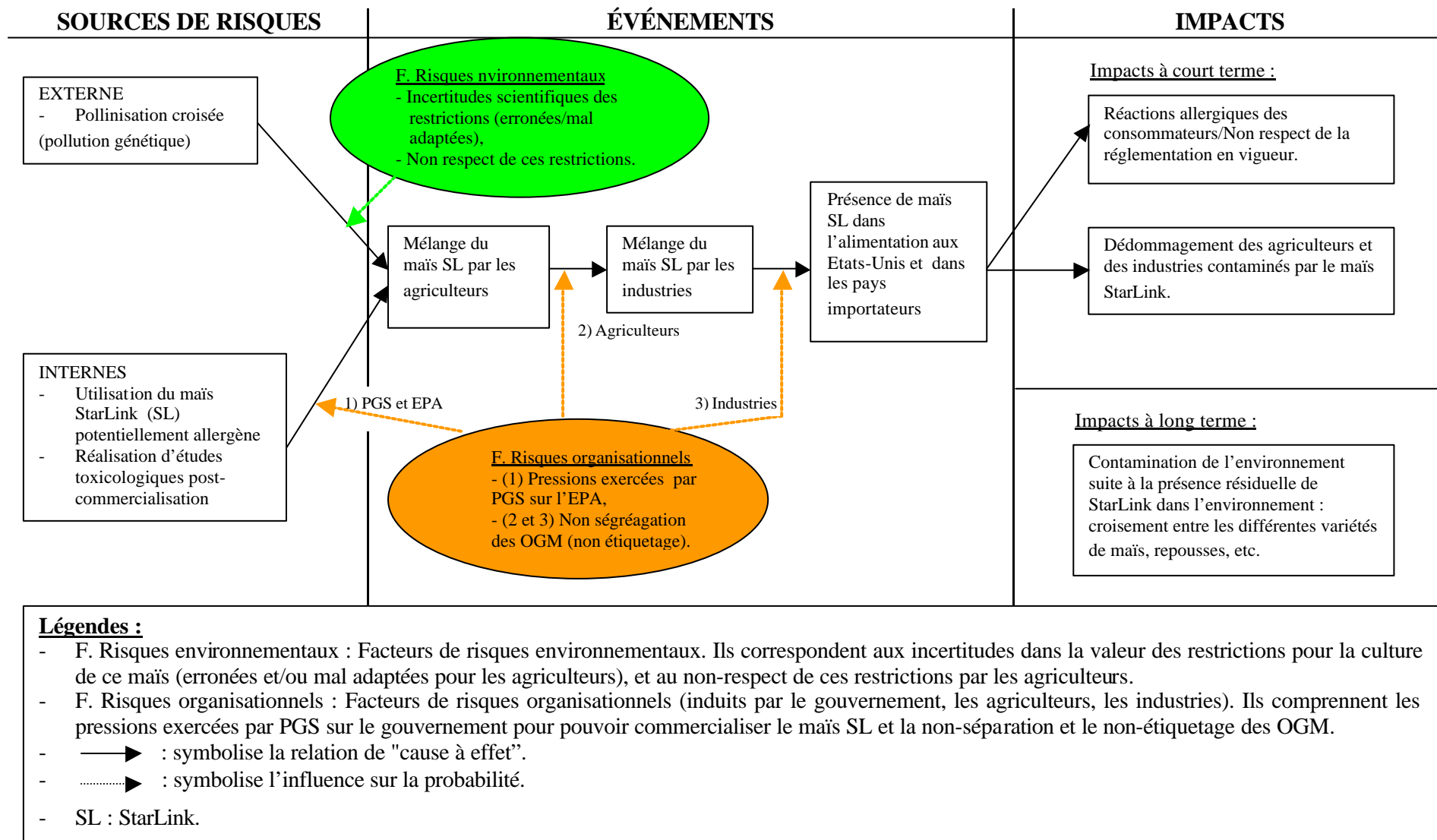


FIGURE 2 : Modélisation conceptuelle du risque pour l'organisation Aventis CropScience.

4.1. Les facteurs de risques environnementaux

Le maïs StarLink a été disséminé dans l'environnement alors qu'il existait des risques pour la santé. Par conséquent, il a fait l'objet de restrictions pour sa culture. Afin d'éviter les risques de pollinisation croisée (ou pollution génétique) entre le maïs StarLink et les autres variétés de maïs destinées à la consommation humaine, le maïs StarLink devait être entouré de zones tampons d'une longueur de 660 pieds. Ces restrictions étaient imposées par l'EPA, et l'industrie agro-chimique PGS avait la responsabilité de faire respecter ces contraintes. Par conséquent, les variétés de maïs cultivées dans ce périmètre ne devaient pas être destinées à l'alimentation humaine. Le mélange des différentes variétés de maïs dans l'environnement relève de plusieurs facteurs, qui sont (1) la valeur écologique de ces restrictions et (2) la participation des différents acteurs impliqués dans le respect de ces restrictions (figure 2).

Les recherches par rapport aux (1) distances nécessaires, pour éviter toute pollution génétique entre les variétés végétales, font encore l'objet de certaines incertitudes. Malgré les distances établies, celles-ci ne peuvent assurer un confinement total du pollen et éviter toute pollinisation croisée entre les variétés ou espèces voisines (Nielsen *et al.*, 2001). Les différents facteurs biologiques entraînant une pollution génétique sont multiples et difficilement maîtrisables. Par conséquent, les méthodes pour contrôler la pollution génétique voient leur efficacité s'amoinrir, car elles dépendent en partie de la connaissance de ces causes biologiques (telle que la connaissance du comportement des végétaux dans l'environnement). À l'origine, la pollution génétique peut être engendrée par plusieurs facteurs biologiques, mais également écologiques, qui sont :

- la reproduction allogame⁴⁴ des végétaux;
- la possibilité que le pollen et/ou les graines soient transportés sur de longues distances;
- la présence dans les zones de cultures de la même espèce ou d'espèces végétales proches qui fleurissent à la même période;

- les pressions environnementales favorisant la survie des hybrides (INRA, 1998)⁴⁵.

De plus, les restrictions sur les méthodes de culture résultaient d'études scientifiques commanditées ou utilisées par l'EPA. Celles-ci ont été transmises de cette organisation gouvernementale à l'agro-industrie propriétaire de la technologie en question. Cette industrie devait alors transmettre cette restriction gouvernementale à ces clients : les agriculteurs. La transmission de ces restrictions à travers ces différents intermédiaires peut présenter des risques de non-respect (2) de celles-ci :

- parce qu'elles étaient mal adaptées à ceux à qui elles étaient destinées (les agriculteurs);
- et/ou parce que l'augmentation du nombre d'intermédiaire ajoute de la difficulté à établir les responsabilités de chacun, et aussi à surveiller que l'intégrité de la restriction a été transmise et appliquée convenablement.

Ces différents facteurs à l'origine d'une pollution génétique ont pu être réunis dans le cas du maïs StarLink. La pollution génétique a affecté les variétés de maïs voisins (croisements intervariétaux) et non des espèces voisines du maïs (croisements interspécifiques). Dans ce cas là, le transfert de gène a été «plus facile», car les différentes variétés de maïs, qui ont une reproduction en partie allogame, peuvent connaître la même période de floraison (d'où la possibilité de transfert de pollen compatible). De plus, le transgène de résistance à la pyrale conférait un avantage aux maïs hybrides, c'est pourquoi ces derniers ont possiblement pu être sélectionnés à la suite des pressions environnementales exercées par l'action de la pyrale⁴⁶.

⁴⁴ Reproduction nécessitant le pollen d'une autre plante, à la différence de la reproduction autogame (organe mâle de la plante qui féconde l'organe femelle de la même plante).

⁴⁵ INRA, Institut national de recherche agronomique, mai 1998, <http://www.inra.fr/Internet/Directions/DIC/ACTUALITES/DOSSIERS/OGM/chevre.htm>

⁴⁶ Notons qu'il existe actuellement d'autres cas de pollution génétique. Dans l'Ouest du Canada, entre autres, des agriculteurs sont confrontés aux problèmes de repousses spontanées et indésirées de canola GM, qui ont pu acquérir jusqu'à trois transgènes de résistances de trois différents herbicides, ce qui rend alors leur contrôle très difficile (Orson, 2002 ; Squire *et al.*, 1999). Le comportement naturel des végétaux et les pressions environnementales tendent à favoriser les épisodes de pollution génétique.

4.2. Les facteurs de risques organisationnels

Les facteurs de risques organisationnels, qui ont augmenté la probabilité de survenue des événements, sont principalement dus : (1) au non-étiquetage des OGM (donc au mélange des OGM versus non-OGM) et (2) à la pression exercée par l'industrie agro-chimique PGS sur l'EPA, pour permettre la commercialisation d'une variété de maïs potentiellement allergène. Notons que ces facteurs étaient induits par de multiples acteurs tels que l'industrie PGS, l'EPA, les industries agro-alimentaires et les agriculteurs (figure 2).

Actuellement, (1) les OGM ne font pas l'objet d'une ségrégation particulière et d'un étiquetage spécifique pour les consommateurs. En effet, les Etats-Unis, ainsi que le Canada, sont en faveur de l'étiquetage au cas par cas dans les situations où il y a un risque pour la santé et la salubrité ou d'un changement dans la composition du végétal par rapport à son homologue (ACIA, 2002)⁴⁷. L'étiquetage soulève de nombreuses polémiques, car il impliquerait un investissement important avec, par exemple, la ségrégation efficace des cultures à tous les niveaux (des agriculteurs aux industries de transformation) et donc la gestion de la pollinisation croisée, le contrôle du respect de l'étiquetage (méthodes biologiques efficaces pour détecter la présence de séquence d'OGM, d'après les seuils établis). Bien que ces mesures servent principalement à informer les consommateurs, elles pourraient néanmoins s'avérer utiles dans un contexte d'incertitudes scientifiques. En effet, le débat sur les risques pour la santé, l'environnement et pour l'économie, dus à l'utilisation de certains OGM comme source alimentaire est toujours d'actualité. L'étiquetage, qui implique la ségrégation des OGM versus organismes non-GM pourrait permettre de prévenir certains risques, tels que le non-respect des divergences politiques des pays importateurs par rapport à l'utilisation ou non des OGM⁴⁸, et les risques sociaux (changement des consommateurs par rapport à l'acceptation des OGM).

⁴⁷ ACIA, 20 mars 2002, <http://www.inspection.gc.ca/francais/ppc/biotech/labeti/responsf.shtml>

⁴⁸ Les politiques de l'Australie, la Nouvelle Zélande, l'Union Européenne et le Japon font étiqueter les produits contenant des OGM. Néanmoins, elles ne sont pas toutes exactement pareilles et certaines politiques sont plus ou moins strictes (ACIA, 19 novembre 2001, <http://www.inspection.gc.ca/francais/ppc/biotech/labeti/interf.shtml>)

Comme le maïs StarLink était destiné à une utilisation autre que pour des fins d'alimentation humaine, il a été commercialisé alors que les études toxicologiques, par rapport aux possibilités d'allergies, n'étaient pas encore complétées. Mais le risque qu'il soit mélangé avec les autres variétés de maïs existait (d'après les facteurs de risques environnementaux et /ou organisationnels). Le principal facteur de risque qui a contribué à la commercialisation de ce maïs malgré l'absence d'études toxicologiques a été (2) la pression exercée par PGS sur le gouvernement, afin d'obtenir une approbation temporaire. Toute nouvelle technologie est source de risque. Malgré les incertitudes, ces nouvelles technologies sont utilisées suite à des compromis réalisés entre les acteurs (tels qu'entre PGS et l'EPA). Cette approche peut correspondre à l'incrementalisme⁴⁹ introduite par Charles Lindblom (1959). Elle décrit la prise de décision comme un processus de marchandage entre les acteurs concernés, dont le fonctionnement est assuré par la persuasion, les discussions et la négociation (Gortner *et al.*, 1994) et où chacun des acteurs essaye d'améliorer sa position au regard des ressources utilisées. La meilleure option est celle sur laquelle les acteurs s'entendent. Pour que la solution soit acceptable, chaque acteur doit pouvoir y trouver son bénéfice. Cette approche s'oppose à l'approche rationnelle qui est un processus impliquant des analyses systématiques. En effet, la prise de décision de type incrémental est un processus de marchandage. L'approche de type *incremental*, qui semble avoir été prise, ne prend pas en compte la position de l'ensemble des acteurs concernés dans l'utilisation des OGM (tels que les agriculteurs, les agro-industries et les consommateurs) et dont la participation est essentielle pour la gestion des risques lors d'incertitudes.

En général, plusieurs facteurs peuvent influencer positivement ou négativement la probabilité du risque⁵⁰. Dans le cas du maïs StarLink, la présence de ces différents facteurs a fait augmenter sa probabilité. En effet, ces différents facteurs environnementaux et organisationnels (cités ci-dessus) étaient interreliés : la réalisation de l'un, augmentait la

⁴⁹ Incrémentalisme (ou «incrémentalisme disjoint» ou muddling through) : pratique décisionnelle de type politique s'exprimant par un tâtonnement systématique et le cheminement par petits pas (Strategor, mai 2002, <http://campus.hec.fr/strategor/index.htm>).

⁵⁰ Le risque est déterminé comme la probabilité x les conséquences. Selon les domaines à l'étude, des nuances peuvent être apportées.

réalisation des autres, et ainsi de suite, ce qui augmentait par conséquent la probabilité des différents événements. Le cas des OGM, et plus précisément du maïs StarLink, présente des ambiguïtés de différents ordres, telles que des incertitudes dans la probabilité des événements, mais également des incertitudes dans les impacts à long terme : jusqu'à quel point n'y aura-t-il pas une contamination de l'environnement avec le maïs StarLink et jusqu'à quel point connaît-on la nature des impacts ? Les incertitudes proviennent, entre autres, du nombre important d'acteurs impliqués, qui détiennent des rôles et des responsabilités différents et dont les objectifs divergent également. En effet, la création des OGM de première génération a été réalisée afin d'augmenter les rendements agricoles : l'objectif final était principalement économique. Mais pour arriver à ces fins, les différents acteurs n'ont pas les mêmes actions : tandis que les industries agro-chimiques vont tenter de créer un OGM qui répond aux besoins potentiels des agriculteurs afin d'accroître leur marché (ce qui a amené PGS à exercer des pressions sur le gouvernement pour utiliser des OGM présentant potentiellement des risques), les agriculteurs pour leur part, vont chercher à optimiser l'accroissement de leur récolte grâce aux OGM et ils risquent par conséquent d'être moins disposés à subir de nouvelles contraintes (par exemple, par manque d'informations), les industries de transformations, quant à elles, se conforment aux réglementations en vigueur par rapport à l'utilisation des OGM, qui ne font pas l'objet d'étiquetage. En revanche, elles ne sont pas «habituéées» à séparer certaines cultures pouvant présenter des risques pour la santé. Le gouvernement tient un rôle de modérateur en favorisant l'utilisation des progrès technologiques tout en veillant à assurer la sécurité des consommateurs. Et les consommateurs s'alimentent du résultat de la coordination et de l'efficacité de la gestion sociale du risque.

Alors que tous ces acteurs ont le même objectif : augmenter leurs rendements, les objectifs de certains d'entre eux peuvent devenir des contraintes pour les autres acteurs. Mais la gestion sociale efficace du risque, c'est-à-dire la participation de l'ensemble de ces acteurs pour gérer le risque, présente des sources d'aléas moraux, bien que cette coopération de chacun représente un avantage évident à long terme. Dans le cas du maïs StarLink, il a été estimé que cette variété serait pratiquement éliminée de l'environnement pour la saison

2002 (EPA, 2001)⁵¹, mais ceci nécessite, entre autres, la participation des agriculteurs pour contrôler les cultures et les adapter (réalisation de test, changement de culture, etc.) (Aventis, 2001). Mais jusqu'à point participeront-ils, sachant qu'ils ne récupéreront pas directement le fruit de leurs actions à court terme ? Cette question peut également se poser avant l'arrivée d'un événement néfaste. Cette situation présente la nécessité d'une participation de l'ensemble des acteurs, tel qu'énoncé dans le dilemme du prisonnier par Axelrod (1984). Bien que la coopération des acteurs représente un avantage pour eux et indirectement pour les consommateurs, chacun a tendance à tirer ces avantages personnels à court terme et chacun peut être amené à profiter de la situation de l'autre. En effet, il n'y a pas de coopération entre les différents acteurs impliqués (Heylighen, 1995)⁵², exceptées si les interactions entre les acteurs sont infinies, si les acteurs assignent au futur une importance plus importante qu'au présent et si les interactions se caractérisent par la réciprocité (Gugler, 1991 ; Noël et Zhang, 1993). Cette situation de coopération peut se retrouver dans le domaine de la gestion des risques. Bien que ce modèle prenne en compte la non-concertation des acteurs impliqués, dans le cas de l'utilisation des cultures transgéniques, la situation peut être similaire car les acteurs en cause sont actuellement nombreux et «éloignés» en terme de mode de gestion et d'action (ce qui pourrait se rapprocher d'une non-concertation). C'est pourquoi, le risque d'une non-coopération des acteurs dans la gestion des risques à long terme, aux dépens de certains bénéfiques à court terme, est fortement possible. Et ceci mène à un climat aléatoire dans le domaine de la gestion des risques et de la qualité des productions transgéniques. Néanmoins, celles-ci sont de plus en plus utilisées, comme tout progrès technologique.

4.3. L'utilité du principe de précaution

Les cultures transgéniques sont effectuées au sein de diverses ambiguïtés, autant environnementales qu'organisationnelles. Le cas du maïs StarLink montre les impacts possibles de l'utilisation d'OGM alors que des paramètres sont encore incertains (tels que les distances nécessaires entre les cultures pour éviter une pollinisation croisée). Certains

⁵¹ EPA, 27 juillet 2001, <http://epa.gov/oscpmont/pressrelease72701.htm>

⁵² Principia Cybernetica Project. The prisoner's dilemma. April 1995.

<http://pespmc1.vub.ac.be/PRISDIL.html>

impacts ont été appréhendés, mais jusqu'à quel point est-il possible de déterminer l'ensemble des impacts possibles alors que ces organismes vivants, modifiés génétiquement, interagissent et évoluent avec le milieu naturel? Effectivement, les incertitudes subsistent par rapport à la probabilité de certains événements, mais dans le domaine récent de la biotechnologie, il peut exister des incertitudes sur la nature des impacts en tant que tel. Plusieurs auteurs ont fait la distinction entre les niveaux d'incertitudes. Il existe les incertitudes de premier ordre (Denis, 1995) ou les incertitudes paramétriques : «ce que vous savez que vous ne savez pas» (Blockley, 1980), qui correspondent à une incapacité à résoudre un problème faute de connaissances sur le sujet, par une organisation ou des gestionnaires (Denis, 1995). Elles peuvent représenter une difficulté à estimer la probabilité du risque. En revanche, les incertitudes de second ordre (Denis, 1995) ou incertitudes systémiques : «ce que vous ne savez pas que vous ne savez pas» (Blockley, 1980) s'apparentent aux situations où les acteurs perçoivent différemment une même situation et proposent des solutions diverses selon leurs certitudes (Denis, 1995). Ces incertitudes peuvent correspondre également à une incapacité à déterminer les impacts possibles. Dans le cas de l'utilisation des OGM, les incertitudes seraient à ces deux niveaux : la difficulté de déterminer la probabilité des événements, mais aussi la difficulté de déterminer la nature des impacts.

Ceci nous amène à présenter le principe de précaution, qui est l'outil de gestion des risques utilisé en présence d'incertitudes. En 1992, lors du Sommet de la terre réuni à Rio, où il a été accepté, il stipulait que :

«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 effectives et proportionnées visant à prévenir la dégradation de l'environnement, à un coût économique raisonnable».

Le principe de précaution s'applique lorsque la science ne donne pas une estimation claire du risque, c'est-à-dire lorsque les ambiguïtés subsistent. Dans le domaine de la biotechnologie alimentaire, l'estimation des risques pour la santé et/ou l'environnement

soulève des contradictions entre les scientifiques. En effet, l'évaluation des risques à court terme, mais aussi à long terme est discutable. L'utilisation des cultures transgéniques présente des risques, néanmoins leurs avantages économiques importants font en sorte qu'elles sont utilisées. L'accent est alors mis sur le contrôle des impacts indésirables et le bénéfice de ces cultures, au lieu de bannir leur utilisation.

Par analogie avec les options financières, le Principe de précaution équivaldrait à une «option réelle» dans le sens où il laisse la possibilité d'exercer plus tard, lorsqu'on en saura plus, certaines activités à valeur pour l'instant incertaine. Mais on peut décider de ne pas appliquer le principe de précaution si la valeur nette de l'option est négative, c'est-à-dire si son coût est supérieur à son bénéfice. Par conséquent, il sera choisi de ne pas limiter les activités controversées, dans la mesure où ce choix découle d'un accord rationnel et démocratique (Sinclair-Desgagné, 2002).

Le Principe de précaution soulève des points importants et intéressants pour les gestionnaires des risques, qui sont entre autres, l'estimation et la gestion des risques (et de leurs incertitudes) à court terme et à long terme, l'estimation des avantages économiques en fonction des risques encourus et la participation rationnelle et démocratique de l'ensemble des acteurs, directement ou indirectement reliés à l'utilisation des cultures transgéniques, tels que les consommateurs, les agriculteurs, les industries et les gouvernements.

CONCLUSION

La culture des OGM est en pleine expansion dans la majorité des pays et particulièrement aux Etats-Unis. En effet, celle-ci sème de nombreux espoirs de profits auprès des industries et des agriculteurs, mais elle suscite aussi des doutes auprès des consommateurs et de certains scientifiques. L'utilisation de plantes transgéniques provoque autant de débats émotifs que scientifiques, dont la limite est parfois ambiguë. Le maïs StarLink illustre les risques possibles liés à l'utilisation d'une variété d'OGM dans un climat d'incertitude. Cette variété de maïs a été créée pour sécréter la protéine Cry9C qui vise spécifiquement à contrôler la pyrale du maïs, dont les ravages infligent de lourdes pertes économiques pour les agriculteurs. Malgré les risques d'allergies que présentait la consommation du maïs StarLink, l'EPA a néanmoins accordé une approbation partielle pour son utilisation dans l'alimentation animale et dans l'industrie non alimentaire, à la suite des pressions qu'avait exercées l'agro-industrie PGS. Mais le respect de ces restrictions dépendaient de la participation de certains acteurs du système agro-alimentaire qui n'ont pas les mêmes responsabilités et dont les actions n'ont pas toutes les mêmes portées. La multiplicité de ces différents acteurs, ajoutée aux incertitudes scientifiques du comportement du maïs transgénique dans l'environnement représentent des facteurs qui ont contribué à la propagation incontrôlée et illégale du maïs StarLink, potentiellement néfaste pour la santé des consommateurs. Ceci s'est alors répercuté en impacts économiques pour le système agro-alimentaire et en impacts pour la santé des consommateurs et sur leur confiance. Afin de contrôler cette situation, le gouvernement américain et l'agro-industrie propriétaire de la technologie StarLink ont dû élaborer un programme de récupération et d'analyses du maïs incriminé, ainsi qu'une redistribution pour des utilisations permises de ce maïs. Ce programme comprenait également le dédommagement des industries agro-alimentaires et des agriculteurs affectés par le maïs StarLink et ses hybrides.

La commercialisation illégale du maïs StarLink a soulevé plusieurs points par rapport à l'utilisation des OGM. D'une part, il paraît difficile, voire impossible, d'assurer une séparation réelle des cultures dans la filière des industries agro-alimentaires et d'autre part,

il paraît également difficile, voire impossible, d'empêcher un coisement naturel entre les cultures disséminées dans l'environnement (croisement inter ou intra-spécifique), d'après les données scientifiques théoriques, mais aussi d'après les exemples actuels. L'ensemble du secteur agro-alimentaire a été touché par ce maïs indésirable, et la responsabilité reste partagée par rapport aux mélanges de ces cultures. Malgré l'occurrence de certains problèmes liés à la dissémination des OGM, ceux-ci sont toujours utilisés car les gouvernements ont eu jusqu'à maintenant tendance à légaliser ce qu'ils ne peuvent empêcher, mais qui reste néanmoins redouté, afin de ne pas entraver le progrès technologique.

Le cas du maïs StarLink est un exemple des impacts économiques possibles, suite à l'utilisation d'un OGM, alors que subsistent des risques dus aux incertitudes scientifiques. Ceci met donc en évidence l'importance d'identifier les risques induits par l'utilisation des OGM avant de les commercialiser, mais aussi de pouvoir gérer ces risques, comme par exemple d'être en mesure de retracer les OGM dans le système agro-alimentaire. En effet, ceux actuellement utilisés ne présentent pas de bénéfices pour les consommateurs. Mais certains OGM en cours de réalisation devraient apporter des substances particulières pour les consommateurs, telles que des nutriments essentiels et même des protéines ou hormones utilisées comme médicaments. De telles utilisations nécessiteraient alors une connaissance rigoureuse des risques et de leur gestion, afin de pouvoir bénéficier de ces avantages potentiels tout en contrôlant les limites des techniques de la biotechnologie. Pour optimiser le potentiel des OGM, ce double objectif devrait être accompli par tous les acteurs du système agro-alimentaire car chacun d'entre eux joue un rôle déterminant dans la production des OGM, mais aussi dans la propagation de leurs risques. Mais dans quelle mesure la participation réelle de ces différents acteurs est réalisable pour contrôler ces risques, vu le climat d'incertitude ? Le principe de précaution se révèle être une méthode de gestion des risques essentielle dans ce contexte d'incertitudes de l'évaluation des risques à court terme et à long terme, d'interactions entre les multiples acteurs et d'avantages économiques liés à ces nouvelles technologies.

RÉFÉRENCES

Agence canadienne d'inspection des aliments (ACIA). Décembre 2001. Réponse des ministères et organismes fédéraux à la pétition déposée le 23 juillet 2001 par Greenpeace Canada en vertu de la *loi sur le vérificateur général* : Le maïs StarLink^{MC} et les aliments pour animaux, les semences, l'approvisionnement alimentaire et les écosystèmes du Canada.

<http://www.inspection.gc.ca/francais/ppc/biotech/tech/greenstarf.shtml>

Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA). 2001. Avis de l'Agence relatif à l'évaluation, en termes de santé publique, de la signification d'un signal positif à 0.2% par une sonde 35S et du risque éventuel lié à la présence de semences de maïs OGM non identifiés, au regard notamment des taux de présence observés et de la fréquence des cas.

<http://www.afssa.fr/ftp/basedoc/2001sa0170.pdf>

Axelrod, R.M. 1984. The evolution of cooperation. New York : Basic Books.

Bahia J., Grant S.E. and Douglas A.P. 2000. Backgrounder : genetically-engineered Bt-containing field corn. Technical report no12. Department of plant agriculture University of Guelph. <http://www.plant.uoguelph.ca/safefood/>

Blockley D. 1980. The Nature of Structural Design and Safety. Chichester : Ellis Horwood.

Cannon R. 2000. Bt transgenic crops : risks and benefits. Integrated Pest Management Reviews. 5, p151-173.

Canola Council of Canada. 2001. An Agronomic and Economic Assessment of GMO Canola. <http://www.canola-council.org/>

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). June 2001. Investigation of human health effects associated with potential exposure to genetically modified corn. Report to the U.S. Food and Drug Administration from the Centers for Disease Control and Prevention.

Denis H. 1998. Comprendre et gérer les risques sociotechnologiques majeurs. Éditions de l'École Polytechnique de Montréal.

Denis H. 1995. Scientist and disaster management. Disaster Prevention and Management. Vol.4, no2, p.14-19.

Environmental Protection Agency (EPAa). April 2001. New StarLink corn data submitted by Aventis CropScience.

<http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/otherdocs/stlink/stlinkdata.htm>

Environmental Protection Agency (EPAb). 2001. White paper on the possible presence of Cry9C in processed human foods made from food fractions produced through the wet milling of corn. <http://www.epa.gov/scipoly/sap/2001/july/wetmilling.pdf>

Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act (FIFRA), Scientific Advisory Panel (SAP) Meeting. December 2000. Assessment of additional scientific information concerning StarLinkTM corn.

<http://www.epa.gov/scipoly/sap/2000/november/one.pdf>

Federal Insecticide, Fungicide, and Rodenticide Act (FIFRA), Scientific Advisory Panel (SAP) Meeting. September 2001. Assessment of additional scientific information concerning StarLinkTM corn.

<http://www.epa.gov/scipoly/sap/2001/july/julyfinal.pdf>

<http://epa.gov/oscpmont/pressrelease72701.htm>

Food and Drug Administration (FDA). 2001. Evaluation of consumer complaints linked to foods allegedly containing StarLink™ corn.

<http://www.epa.gov/scipoly/sap/2001/july/fda.pdf>

Food and Drug Administration (FDA). 1996. Safety Assurance of Foods Derived by Modern Biotechnology in the United States. Presented at the BioJapan '96 Symposium held on July 24-27, 1996 in Tokyo, Japan.

<http://www.cfsan.fda.gov/~lrd/biojap96.html>

Fox J.L. 2001. EPA re-evaluates StarLink license. *Nature Biotechnology*. 19, p11.

Gadsby M.C. Aventis. 2001. StarLink corn containment program.

<http://www.aventis-cropscience-france.fr/>

Garcia M., Figueroa C.J., Gomez M.R., Townsend L.R. and Schoper J. 1998. Pollen control during transgenic hybrid maize development in Mexico. *Crop Science Society of America*. 38, p1597-1602.

Gortner H.F., Mahler J. and Nicholson J.B. 1994. *La gestion des organisations publiques*. Traduit et adapté par Dumas A. et Maltais D. Presses de l'Université du Québec.

Gugler, P. 1991. *Les alliances stratégiques transnationales*. Fribourg, Suisse, Éditions Universitaires Fribourg Suisse.

Jansens S. 1997. Transgenic corn expressing a Cry9C insecticidal protein from *Bacillus thuringiensis* protected from European corn borer damage. *Crop Science*. Vol. 37, no5, p1616-1624.

Kuvshino V., Koivu K., Kanerva A. and Pehu E. 2001. Molecular control of transgene escape from genetically modified plants. *Plant Science*. 160, p517-522.

Lambert B.L., Buyesse C., Decock S., Jansens C., Piens B., Saey J., Seurnick K., Van Audenhoven J., Van Rie A., Van Vielt and Perfoen M. 1996. A *Bacillus thuringiensis* insecticidal crystal protein with a high activity against members of the family Noctuidae. *Applied Environmental Microbiology*. 62, p82-86.

Lindblom C.E. 1959. The Science of «Muddling Through». *Public administration review*. 19, p.78-88.

Nielsen R.L. and Maier D.E. 2001. GMO issues facing Indiana farmers in 2001. Purdue University. <http://www.agcom.purdue.edu/AgCom/Pubs/AE/GQ-46.pdf>

Noël A. et Zhang, J. 1993. Cahier de recherche. Alliances stratégiques : une bibliographie thématique. Écoles des Hautes Études Commerciales, Montréal.

Parlement Européen. Juin 2003. RECOMMANDATION POUR LA DEUXIÈME LECTURE sur la position commune arrêtée par le Conseil en vue de l'adoption du 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 (15798/1/2002 – C5-0131/2003 – 2001/0180(COD)). Commission de l'environnement, de la santé publique et de la politique des consommateurs. Rapporteur: Antonios Trakatellis.

Purdue News. April 1998. Overuse of Bt corn could eliminate effectiveness. Retrieved January 25, 2000, from the World Wide Web.
<http://www.purdue.edu/UNS/html4ever/9804.Ortman.overuse.html>

Orson, J. 2002. Gene stacking in herbicide tolerant oilseed rape : lessons from the North American experience. *English Nature research Reports*. No 443.

- Reed J.P. and Halliday W.R. 2001. Establishment of Cry9C susceptibility baselines for European Corn Borer and Southwestern Corn Borer (Lepidoptera : Crambidae). Entomological Society of America. Vol. 94. No2, p397-400.
- Roush R.T. 1996. Can we slow adaptation by pests to insect transgenic crops? Biotechnology and Integrated Pest Management. p242-263. Wallingford, Oxon.
- Sinclair-Desgagné, B. 2002. Du bon usage du principe de précaution. Bulletin de liaison : Risques technologiques. Vol.6, No 2.
- Sinclair-Desgagné, B. et Debuissy, C. 2003. La pollution génétique. Nouveaux risques et défis de régulation. Risque. Fédération française de la société d'assurance. No 53.
- Squire, G.R., Augustin, N., Bown, J., Crawford, J.W., Dunlop, G., Graham, J., Hillman, J.R., Marshall, B., Marshall, D., Ramsay, G., Robinson, D.J., Russell, J., Thompson, C. et Wright, G. 1999. Gene flow in the environment – genetic pollution? Annual Report of the Scottish Crop Research Institute.
- Taylor M.R. and Tick J.S. 2001. The StarLink case : issues for the future. Resources for the Future. Pew Initiative on Food and Biotechnology.
<http://pewagbiotech.org/research/starlink/starlink.pdf>
- Whalon M.E. and Norris D.L. 1996. Resistance management for transgenic *Bacillus thuringiensis* plants. Biotechnology Development Monitor. 29, p 8-12.
- Wierenga J.M., Norris D.L. and Whalon M.E. 1996. Stage-specific mortality of Colorado potato beetle (Coleoptera : Chrysomelidae) feeding on transgenic potatoes. Journal of economic entomology. 89, p1047-1052.
- Witkowski J.F., Wedberg J.L., Steffey K.L., Sloderbeck P.E., Siegfried B.D., Rice M.E., Pilcher C.D., Onstad D.W., Mason C.E., Lewis L.C., Landis D.A., Keaster A.J.,

Huang F., Higgins R.A., Haas M.J., Gray M.E., Giles K.L., Foster J.E., Davis P.M., Calvin D.D., Buschman L.L., Bolin P.C., Barry B.D., Andow D.A. and Alstad D.N. 1997. Bt Corn & European Corn Borer Long-Term. Success Through Resistance Management. University of Minnesota.

<http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/DC7055.html#Authors>